PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 11. 1. Juni 1905. Redaktionsschluß für No. 12 am 7. Juni 1905. 6. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:

R. Hofmann, Über die Absorptionskoeffizienten von Flüssigkeiten für Radiumemanation und eine Methode zur Bestimmung des Emanationsgehaltes der Luft. S. 337.

E. Hoppe, Zur Konstitution der Magnete. S. 340.

A. Denizot, Zur Theorie der relativen Bewegung und des Foucaultschen Pendelversuches. S. 342.

P. Spies, Elektromagnetische Vorrichtung für den Foucaultschen Pendelversuch. S. 345.

H. Alt, Über die Verdampfungswärme des flüssigen Sauerstoffs und flüssigen Stickstoffs. S. 346.

Vorträge und Reden:

A. Byk, Über die Beziehungen zwischen dem Absorptionsvermögen für strahlende Energie und der chemischen Beschaffenheit der Körper. S. 349.

Berichte über wissenschaftliche Versammlungen:

Vom Röntgenkongreß. S. 353.

Personalien. S. 368.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die Absorptionskoeffizienten von Flüssigkeiten für Radiumemanation und eine Methode zur Bestimmung des Emanationsgehaltes der Luft.

Von Robert Hofmann.

Rausch v. Traubenberg hat gezeigt[1]), daß Radiumemanation gleich anderen Gasen dem Henryschen Gesetze folgt, daß man also die Verteilung von Emanation zwischen einer flüssigen und einer gasförmigen Phase durch einen nur von der Natur der Flüssigkeit und von der Temperatur abhängigen Absorptionskoeffizienten ausdrücken kann. Herr Dr. Heinrich Mache riet mir, diese Abhängigkeit des Absorptionskoeffizienten von der Temperatur näher zu untersuchen, da sie bei Quelluntersuchungen eine gewisse Rolle spielt.

Im folgenden soll entsprechend der Bezeichnungsweise von v. Traubenberg unter dem Absorptionskoeffizienten α das Verhältnis der Konzentration der Emanation in der Flüssigkeit zur Konzentration im Gas verstanden werden.

v. Traubenberg fand für α bei Wasser (für die Emanation des Freiburger Leitungswassers) für Zimmertemperatur im Mittel 0,34. Außerdem teilt er noch die Zerstreuungen mit, welche einige mit der Emanation des Freiburger Leitungswassers bis zur Sättigung aktivierte Flüssigkeiten ergeben hatten. Der letzte Versuch der Arbeit gibt das Verhältnis an, in welchem Wasser und Petroleum Radiumemanation zu absorbieren vermögen. Ich möchte nicht unerwähnt lassen, daß bei den Messungen v. Traubenbergs der Betrag der induzierten Aktivität nicht abgezogen wurde.

Mache bestimmte den Absorptionskoeffizienten am Gasteiner Wasser für dessen Emanation.[1]) Er erhielt für 36,3° den Wert 0,27 und für Zimmertemperatur 0,32. Auch ermittelte er den Wert für Radiumemanation bei Zimmertemperatur, es ergab sich 0,33. Auch für Leuchtgas, Kohlensäure und Stickstoff anstatt Luft erhielt er Werte zwischen 0,30 und 0,32.

Nachdem ich also kurz über den bisherigen Stand der Frage referiert habe, möchte ich zur Besprechung meiner Versuche übergehen. Obwohl die Messungen teilweise noch nicht durch mehrmaliges Wiederholen auf ihre Richtigkeit geprüft wurden, möchte ich sie doch bereits veröffentlichen. Diese Mitteilung ist daher als eine vorläufige zu betrachten und ich hoffe, genauere Messungen folgen lassen zu können.

In der Hoffnung, einige Vorteile bei der Durchführung der Versuche zu erzielen, modifizierte ich die bekannte bisher zur Messung des Emanationsgehaltes von Flüssigkeiten und Gasen verwendete Anordnung (nach Elster und Geitel) ein wenig. Die Änderungen bestanden darin, daß statt des bisher verwendeten großen Glaszylinders ein kleiner genommen wurde, der luftdicht schließend auf einen Luftpumpenteller aufgesetzt werden konnte. Das außerhalb aufgestellte Exnersche Elektroskop war mit einem die Glocke oben isoliert (Bernstein) durchsetzenden Messingstab verbunden. Gemessen wird der Sättigungsstrom zwischen diesem in der Achse des Zylinders befindlichen Messingstabe und dem an der Innenwand eng anschließenden Messingdrahtnetz. Das Einfüllen des zu messenden emanationshaltigen Gases geschah durch Evakuieren der Glocke und Verbinden derselben mit der das Glas enthaltenden luftdicht verschlossenen Flasche. Bei der Untersuchung von Wasser besorgte eine mit Natrium gefüllte

1) Diese Zeitschr. 5, 130, 1904.

1) Wiener Ber. 113, 1329, 1904.

Röhre, welche zwischen die Flasche und die Glasglocke eingeschaltet war, die Trocknung des Gases. Bei dieser Anordnung läßt sich direkt nur der Emanationsgehalt von Gasen bestimmen. Wir werden weiter unten sehen, wie indirekt auch der von Flüssigkeiten gemessen werden kann. Da stets bis zu dem gleichen Drucke evakuiert wurde und die verwendeten Flaschen das gleiche Volumen hatten, so wurde immer der gleiche Bruchteil der gesamten Emanation der Messung unterworfen. Die Größe dieses Bruchteiles brauchte ich nicht zu kennen, da es sich nur um relative Messungen handelte.

Die Vorteile dieser Methode sind die folgenden: Erstens fällt das langwierige Durchpumpen fort und dann können die Messungen gleich nach dem Einlassen der Emanation begonnen werden. Der erste Wert ist also beinahe frei von der Induktion. Will man ihn aber doch um den auf sie entfallenden Betrag korrigieren, so liegt ein weiterer Vorteil der Methode darin, daß man das Ansteigen der induzierten Aktivität verfolgen kann, statt möglichst rasch nach dem Ausblasen den Abfall. Da die Messungen auf diese Art nur kurze Zeit in Anspruch nehmen, erreicht auch bei ziemlich starkem Gehalt an Emanation die induzierte Aktivität nur einen verhältnismäßig geringen Betrag, infolgedessen man bald darauf in demselben Apparat wieder messen kann. Es zeigte sich jedoch, daß diesen Vorteilen gewisse Nachteile gegenüberstehen, welche mich veranlaßten, im weiteren Verlaufe der Untersuchungen wieder zu der bisher verwendeten Versuchsanordnung zurückzukehren.

Mit dem modifizierten Apparate habe ich nun zuerst den Absorptionskoeffizienten des Wassers für Radiumemanation abermals gemessen und zwar in der folgenden Weise.

Ein bestimmtes Volumen künstlich aktivierten destillierten Wassers wurde mit Luft 10—20 Minuten heftig durchgeschüttelt, dann in eine zweite Flasche abgelassen und in dieser abermals mit Luft ins Gleichgewicht gesetzt. Nach dem ersten Schütteln haben wir nun (bei gleichem Volumen von Gas und Flüssigkeit) im Gase die Emanationsmenge E_1 und in der Flüssigkeit die Emanationsmenge αE_1; beim zweiten Schütteln verteilt sich αE_1 wieder im Verhältnisse des Absorptionskoeffizienten auf die beiden Phasen, wir haben also jetzt die Gleichung $\alpha E_1 = E_2 + \alpha E_2$, worin E_2 den Emanationsgehalt des Gases nach dem zweiten Schütteln bedeutet. E_1 und E_2 (resp. ihnen proportionale Größen) werden gemessen und wir erhalten unter Berücksichtigung, daß die Volumina von Gas und Flüssigkeit nicht gleich, sondern beziehungsweise V_1 und V_2 sind, für α die Formel:

$$\alpha = \frac{E_2 \, V_1}{V_2 \, (E_1 - E_2)}.$$

Von den im Apparate gemessenen Zerstreuungen kamen in Abzug die Beträge der natürlichen Zerstreuung und der induzierten Aktivität; der letztere ergab sich durch Beobachten des Ansteigens und Extrapolieren auf den Zeitpunkt 0. Die derart korrigierten Zerstreuungen in Volt/Min. waren nun ein Maß für E_1 und E_2.

Wie die folgenden Zahlen zeigen, erhielt ich für den Absorptionskoeffizienten des Wassers bei Zimmertemperatur (20° C) einen wesentlich niedrigeren Wert, als nach den bisherigen Beobachtungen zu erwarten war.

0,22
0,23
0,23
0,23 } im Mittel 0,23.
0,27
0,22
0,22
0,25

Trotzdem in der Nähe der Bernsteinisolation auch eine Natriumtrocknung angebracht war, hatte ich immerhin noch den Verdacht, es könnte bei der Entspannung des Gases beim Einlassen in die evakuierte Glocke doch eine Nebelbildung eintreten und die Abweichung meines Wertes auf Isolationsfehler zurückzuführen sein.

Ich änderte meinen Apparat deshalb folgendermaßen: An Stelle der Glasglocke trat ein etwa 20 l fassender Blechzylinder; das Füllen mit dem emanationshaltigen Gase geschah jetzt durch Durchpumpen. Auch diesmal erhielt ich jedoch für α im Mittel nur 0,21.

Endlich ließ ich noch die Bernsteinisolation ganz fort, indem ich den Stab durch eine möglichst enge Öffnung, jedoch ohne daß er das Gefäß berührte, in dasselbe einführte. Während des Durchpumpens war die Öffnung durch eine kleine an den Stab angelötete Scheibe verschlossen und mit Kitt verdichtet. Kurz vor der Messung wurde der Kitt beseitigt und der Stab durch geringes Heben vom Gefäß isoliert. Ein Isolationsfehler ist also bei dieser Versuchsanordnung ausgeschlossen. Doch auch diesmal ergab sich für α nur 0,23.

Obwohl die Ursache der Abweichung meines Wertes von α für Wasser von den bisher gemessenen nicht aufgeklärt werden konnte, ging ich doch zu meiner eigentlichen Aufgabe über, nämlich die Abhängigkeit des α von der Temperatur zu bestimmen. Das Schütteln mußte jetzt in einem Wasserbade von der betreffenden Temperatur vorgenommen werden.

Die folgende Tabelle enthält die Werte von α für Wasser von verschiedener Temperatur.

T	α
+ 3°	0,245
20°	0,23
40°	0,17
60°	0,135
70°	0,12
80°	0,12

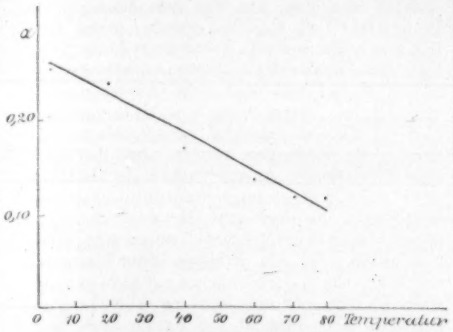


Fig. 1.

Fig. 1 zeigt, daß die Abhängigkeit des α von der Temperatur (wenigstens in erster Annäherung) durch eine Gerade ausgedrückt werden kann. Die Abweichungen der gefundenen Werte von der Geraden fallen durchwegs in den Bereich der Versuchsfehler.

Ich wollte nun ebenso auch für Alkohol und Petroleum die Abhängigkeit des α von der Temperatur bestimmen, konnte jedoch bei diesen Flüssigkeiten zu übereinstimmenden Werten nicht gelangen (wahrscheinlich infolge von Isolationsfehlern). Ich gab daher für die folgenden Messungen meine Versuchsanordnung auf und bediente mich der von v. Traubenberg und von Mache verwendeten Anordnung, an welcher nur eine kleine Änderung angebracht wurde. Um nämlich sicher zu sein, daß auch im unteren Teile der Glocke Sättigungsstrom erreicht werde, ersetzte ich den Zerstreuungskörper durch eine Messingplatte, an welcher drei bis nahe an den Boden des Apparates reichende Messingstäbe angebracht waren.

Die folgende Tabelle enthält die Absorptionskoeffizienten für Petroleum bei verschiedenen Temperaturen. Zu ihrer Berechnung mußten an den für die Flüssigkeit erhaltenen Zerstreuungswerten (abgesehen von der auf die induzierte Aktivität entfallenden Korrektur, welche auch von dem Zerstreuungswerte des Gases abgezogen wurde) noch zwei besondere Korrekturen angebracht werden. Während sich nämlich bei der Untersuchung des Gases die Emanation gleichmäßig über das ganze System verteilt, bleibt bei der Untersuchung der Flüssigkeit ein dem Absorptionskoeffizienten bei Zimmertemperatur entsprechender Betrag derselben in der Flüssigkeit zurück. Diesem Umstande trug die erste Korrektur Rechnung, die zweite bezog sich auf das Abklingen der Emanation und wurde nach der bekannten Formel $J_t = J_0 \cdot e^{-\frac{t}{138}}$ berechnet; t war $= 4$, da die Flüssigkeit stets vier Stunden später als das Gas untersucht wurde.

T	α
− 21° C	22,70
+ 3°	12,87
20°	9,55
40°	8,13
60°	7,01

Zur Bestimmung von α bei $-21°$ wurde die Flasche in einem Blechgefäß mit einer Kältemischung aus Eis und Kochsalz umgeben und samt dem Gefäß geschüttelt.

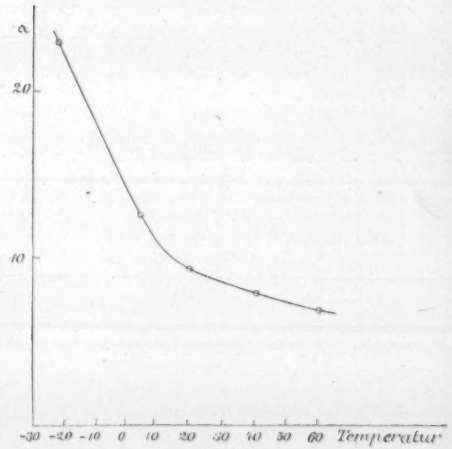


Fig. 2.

An Figur 2 ist hauptsächlich das starke Ansteigen des α-Wertes bei Temperaturen unter 0° bemerkenswert. v. Traubenberg[1]) gibt an, daß sich Petroleum bei $-16°$ circa 6 mal stärker aktivieren lasse, als bei $+70°$. Ein so großer Unterschied ergibt sich aus meinen Messungen nicht. Vielleicht liegt der Grund für die Abweichung darin, daß v. Traubenberg die induzierte Aktivität nicht in Abzug gebracht hat.

Herr Dr. Mache schlug vor, auf die Eigenschaft des Petroleums, sich bei $-21°$ etwa 2,5 mal stärker aktivieren zu lassen als bei Zimmertemperatur, eine Methode zur Bestimmung

1) l. c.

des Emanationsgehaltes der Luft zu gründen. Ich habe im Verein mit ihm einige Versuche gemacht, welche vorläufig bloß den Zweck verfolgten, die Brauchbarkeit der Methode darzutun. Sie wurden in folgender Weise ausgeführt:

Wir kühlten 2 l Kaiseröl mittels einer Kältemischung aus Eis und Kochsalz auf -19^0 ab (die Temperatur konnte an einem in das Petroleum tauchenden Toluolthermometer abgelesen werden). Bei dieser Temperatur wurde nun das Petroleum durch Durchblasen der zu untersuchenden Luft mittels eines Kautschukgebläses mit Emanation gesättigt, hierauf die Flasche verschlossen und dann auf Zimmertemperatur ($+17^0$) erwärmt. Pumpt man nun die Luft des Messapparates durch das Petroleum, so wird die Zerstreuung im Apparate um einen bestimmten Betrag ansteigen, entsprechend der Menge Emanation, welche die 2 l Petroleum bei -19^0 mehr zu absorbieren vermögen als bei $+17^0$. Aus den Absorptionskoeffizienten bei diesen Temperaturen und unter Berücksichtigung der Zimmerluftzerstreuung läßt sich dann der Gehalt der Luft an Emanation leicht berechnen.

Wir machten derartige Versuche in einem Keller eines Privathauses in Wien, in welchem die Zerstreuung etwa dreimal so groß war wie in dem Garten desselben Hauses, dann im Institute selbst und endlich noch außerhalb der Stadt am Abhange des Kahlenberges, einer einige Hundert Meter hohen Erhebung des Wiener Waldes. Da er im Nordwesten der Stadt liegt, so konnten wir bei westlichem Wind die Luft trotz der Nähe der Stadt als frei von ihrem Einflusse ansehen.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate dieser drei Versuche. Unter $\frac{\text{Volt}}{\text{Min.}}$ stehen die Werte der am Apparate abgelesenen Zerstreuung, vermindert um den nach dem Abheben und Ausblasen der Glocke erhaltenen Wert. Die mit $i \times 10^3$ überschriebene Reihe enthält die aus den Zerstreuungswerten berechneten Stromstärken in E. S. E., bezogen auf den Kubikmeter Luft. Die Kapazität des Apparates war gleich 11,7 cm.

Ort des Versuches	$\frac{\text{Volt}}{\text{Min.}}$	$i \times 10^3$
Keller	0,44	12
Laboratorium	0,12	3,3
Kahlenberg	0,05	1,4

Diese Versuche erweisen zwar die Möglichkeit, den Emanationsgehalt der Luft in dieser Weise zu bestimmen, ein Vergleich der Zahlen der Tabelle zeigt aber, daß der verhältnismäßig starke Emanationsgehalt der Laboratoriumsluft der Bestimmung des Gehaltes der viel schwächeren Luft außerhalb der Stadt hindernd im Wege stehen muß. Dank der Anreicherung an Emanation im Petroleum war zwar auch diese Luft noch imstande, die Zerstreuung im Apparate zu vergrößern, es ist jedoch klar, daß durch diesen Umstand der Genauigkeit der Messung eine Grenze gezogen wird. Dieser Übelstand ließe sich wohl dadurch beseitigen, daß man den Messapparat in derselben Luft aufstellen würde, deren Gehalt man bestimmen will. Wenn auch dadurch die Empfindlichkeit der Methode etwas erhöht werden würde, so darf man doch nicht übersehen, daß man bei der Untersuchung von so schwacher Luft wie die Kahlenbergluft schon hart an die Grenze des Meßbaren kommt und demnach einer allgemeineren Anwendbarkeit der Methode doch noch ihre geringe Empfindlichkeit im Wege steht. Es liegt nahe, sie dadurch zu erhöhen, daß man ein größeres Temperatur-Intervall nimmt. Da ein Erhitzen über Zimmertemperatur wegen der Verdampfung nicht günstig wäre, so käme nur eine stärkere Abkühlung in Betracht. Da Aussicht auf Erfolg nur eine ziemlich ausgiebige Abkühlung bot, also etwa bis zur Temperatur der festen Kohlensäure (-79^0), Petroleum sie aber nicht verträgt, ohne zu erstarren, so mußte nach einer anderen geeigneten Flüssigkeit gesucht werden. Die Wahl fiel auf Toluol. Ein Versuch mit fester Kohlensäure und ein solcher bei Zimmertemperatur ergaben den Absorptionskoeffizienten 66,69 für -79^0 und 11,76 für $+20^0$. Die Ausführung der Versuche, sowie die Berechnung war dieselbe, wie bei den Versuchen mit Petroleum.

Man sieht aus diesen Zahlen, daß die Anwendung von Toluol bei der Temperatur der festen Kohlensäure vor der oben beschriebenen Verwendung des Petroleums den Vorteil voraus hat, sowohl eine größere absolute Menge von Emanation zu binden, als auch einen größeren Bruchteil derselben bei Zimmertemperatur wieder frei zu machen und zur Messung zu bringen. Ohne Zweifel wird es mittels Toluol gelingen, auch den Emanationsgehalt der freien Atmosphäre mit einiger Genauigkeit zu bestimmen.

Wien, II. physik. Institut. April 1905.

(Eingegangen 14. April 1905.)

Zur Konstitution der Magnete.

(Erwiderung auf die Bemerkungen des Herrn G. Valentiner.)

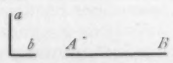
Von Edm. Hoppe.

Erst heute gelangt die Bemerkung des Herrn Valentiner[1]) in meine Hände, welche derselbe

1) Valentiner, diese Zeitschr. **6**, 10, 1905.

an meine Mitteilung[1]) auf der letzten Naturforscherversammlung geknüpft hat. Inzwischen hat bereits Herr Weber[2]) in seiner Antwort auf den Schlußsatz jener Valentinerschen Bemerkungen darauf hingewiesen, daß der von Herrn Valentiner gegebenen Erklärung für die Abweichung der durch Eisenpulver dargestellten Kraftlinien von der radialen Richtung die Voraussetzung zugrunde liegt, daß das Feld mit dem Magneten wandert. Ich möchte dem nur noch hinzufügen, daß, wenn die Exzentrizität des Kraftzentrums wirklich die Ursache der Verschiebung der Eisenlinien ist, diese Verschiebung selbstverständlich gerade so gut beim ruhenden, wie beim rotierenden Magneten nachweisbar ist. Es ist also nicht schwer, diese Fälle aus der Beobachtung auszuscheiden. Übrigens habe ich bereits 1890 auf diese unhomogenen Felder eine Prüfungsmethode für die axiale Lage des Poles gegründet.[3]) Daß die durch Eisenstaub dargestellten Kraftlinien nicht identisch sind mit den idealen Linien der aus der Differentialgleichung bestimmten Felder, habe ich mehrfach betont und halte es für überflüssig, jedesmal dies zu wiederholen. So sagte ich 1903[4]), die sichtbaren Eisenstaublinien geben nur das Resultat der Interferenz der vom Magneten ausgehenden Kraftwirkung und der durch den magnetischen Charakter der Eisenteile bedingten Wirkung wieder. Will man also eine wirkliche Darstellung des Kraftfeldes haben, so bleibt nichts anderes übrig, als dasselbe durch die Differentialgleichung zu definieren und auf die sichtbaren Kraftlinien zu verzichten. Trotzdem ist noch heute die Darstellung mit Eisenfeilspänen von großem Wert, wenn es sich um anschauliche Darstellung der Veränderungen in einem Magnetfelde handelt, sofern nicht Intensitätsmessungen darauf gegründet werden.

Aber auch die Bemerkungen Valentiners zu den elektrostatischen Messungen sind durchaus unhaltbar. Ich glaubte in jenem Vortrage durch Angabe der beiden Gleichungen (2) und (3) hinreichend deutlich den Unterschied angegeben zu haben. Doch scheint das nicht vorausgesetzt werden zu dürfen, ich will also den von Herrn Valentiner behandelten Fall eingehend auseinandersetzen.



Sei $a\,b$ eine metallische Leitung, $A\,B$ eine zweite, die am Ende B ein Elektrometer berührt, beide Leitungen seien isoliert; in unserem Falle repräsentiert $a\,b$ den rotierenden Magneten, daher die nebenstehende Form. Wir wollen zunächst annehmen, daß zwischen beiden Leitern nur elektrostatische Influenz wirksam sei. Nun sagt Herr Valentiner, wenn $a\,b$ die ursprünglich vorhandene Ladung trägt und A für einen Augenblick mit b verbunden ist, so wird das Elektrometer in B eine Dauerladung zeigen, auch nachdem $a\,b$ entladen ist. Ebenso wird, wenn $A\,B$ die ursprüngliche Quelle der entgegengesetzten Ladung in A und B ist, nach einer Berührung zwischen A und b in B eine Dauerladung bleiben müssen. Da ich nun in meinen Versuchen diese Dauerladung, die sich in beiden Fällen ergeben soll, nicht gefunden habe, schließt Herr Valentiner, ist mein Elektrometer nur zu unempfindlich gewesen. Allein diese beiden Fälle, die ich eben charakterisierte, verlaufen durchaus nicht identisch, wenn man „konsequent" überlegt.

1. Sei $a\,b$ der ursprüngliche Sitz der Ladung, sei etwa $a-$, $b+$, so wird A negative, B positive Ladung zeigen und bei Annäherung von A an b wird diese Ladung in B fortgesetzt gesteigert, bei der Berührung von A mit b muß aber eine plötzliche erhebliche Steigerung eintreten, und diese wird dauernd, wenigstens bis zur Entladung in Luft, beobachtet werden müssen. Natürlich (um etwaige Weiterungen gleich abzuschneiden) hängt die Stärke des Ausschlages von der Kapazität des Elektrometers und der Kapazität der Leitung ab, aber von diesen gleichen Kapazitäten hängt der Ausschlag der Nadel immer ab, wenn also vor der Berührung die Nadel einen Ausschlag zeigte, muß sie ihn auch nachher zeigen, zumal diese Ladung größer sein muß, wie ich das auch in meinem Vortrage gesagt habe.

2. Ist die Quelle der Elektrizität in $A\,B$ zu suchen, und betrachten wir zunächst auch nichts weiter als die statischen Ladungen in A und B, so wird dadurch, daß $a\,b$ an A angelegt wird, nicht eine Verstärkung, sondern eine Verminderung der Ladung in B eintreten, und diese Verminderung würde nach Aufhören der Berührung zunächst noch weiter beobachtet werden, wenn — ja wenn die ursprüngliche Ladung nicht ohne weiteres wieder hergestellt würde. Also schon die einfache elektrostatische Behandlung des Problems zeigt, daß die beiden von Herrn Valentiner für identisch gehaltenen Fälle es tatsächlich durchaus nicht sind, und daß unter allen Umständen hier eine Entscheidung herbeigeführt werden kann.

Nun aber liegt in meinen Experimenten die Sache gar nicht so, daß wir es mit einer elektrostatischen Verteilung zu tun haben, sondern mit Ladungen durch magnetelektrische Induktion, darum gab ich die mit der Lorentzschen

1) Hoppe, diese Zeitschr. **5**, 650, 1904.
2) Weber, diese Zeitschr. **6**, 143, 1905.
3) Hoppe, Mittlgn. der Math. Gesellschaft Hamburg **2**, 105, 1890.
4) Hoppe, Mittlgn. der Math. Gesellsch. **4**, 120, 1903.

Gleichung[1]) identische Gleichung 2 (S. 632 l. c.) zur Berechnung an. Nach dieser Gleichung ist bei der Rotation des Magneten ab die Leitung AB der Sitz der Induktion, d. h. es wird in AB durch die Rotation von ab dauernd Elektrizität erzeugt und zwar in $A-$ und in $B+$ bei geeigneter Rotation, aber nur solange ab rotiert. Lege ich jetzt in A die stromlose, isolierte Leitung ab an, so wird A freilich seine Ladung an das Ende a senden, aber da in AB durch die Rotation dauernd die Ladung ersetzt wird, so ändert sich in B nichts Wesentliches und nach Aufhören der Berührung zwischen A und b ist in AB genau derselbe Zustand wie vor der Berührung, und wenn der Magnet aufhört zu rotieren, so hört auch in AB jede Ladung und zwar gänzlich auf. Das ist konsequent und das entspricht der Wirklichkeit, wie jeder ohne viel Vorbereitungen mit einfachem Elektrometer nachweisen kann. Man nehme ein isoliertes Element mit den beiden Polen A und B, verbinde B mit dem Elektrometer, lege in A ein isoliertes kurzes Leitungsstück ab an, so wird sich am Elektrometer kaum eine Änderung zeigen und wenn das Stück ab wieder fortgenommen ist, ist der Zustand genau wie vorher. Etwas anders würde die Sache verlaufen, wenn A zur Erde abgeleitet würde, davon ist aber bei uns nicht die Rede, denn der Magnet ab ist isoliert. Ich habe geglaubt, solche Experimente seien überall bekannt, darum erwähnte ich sie nicht. —

Es bleibt also wohl dabei, daß der Verlauf meiner Beobachtungen den Nachweis erbracht hat, daß die Ladung in B während der Rotation des Magneten nicht einer Influenzwirkung von einer in b befindlichen Ladung auf den unbeteiligten Leitungsdraht AB, sondern der magnetelektrischen Induktion des rotierenden Magneten ab auf die ruhende Leitung AB sein Dasein verdankt und in bezug auf die Stärke vollkommen den Messungen entsprechend nach der von mir angegebenen Gleichung 2 (l. c.) berechnet werden kann.

Es erübrigt sich darnach, auf die weiteren Vergleichungen der verschiedenen Vorstellungen, die Herr Valentiner bietet, einzugehen, nur zu den Worten (S. 12): „Was den im freien Raum um seine Achse rotierenden Magneten betrifft, so können wir uns bei diesem Induktionsapparat ..... die durch das Dielektrikum geschlossene Strombahn z. B. folgendermaßen denken: Der Strom verläuft in der Achse des Magneten von den beiden Grundflächen bis in die Äquatorebene, breitet sich von hier in der Ebene nach allen Richtungen radial aus, tritt in das umgebende ruhende Dielektrikum ein, durch welches derselbe bis zu den Endflächen des Magneten geschlossen gedacht werden kann", möchte ich bemerken, daß ich mir das freilich wohl denken kann, daß aber in Wirklichkeit das Dielektrikum diesen Stromschluß nicht besorgt, sondern daß wir Ladungen auf den Grenzflächen erhalten müssen, und weil das die notwendige Konsequenz ist, so kann man durch das von mir vorgeschlagene Experiment prüfen, ob diese Ladungen vorhanden sind, und da sie nach meinen Messungen nicht vorhanden sind, so kann man nicht zulassen, daß der in AB verlaufende Strom erzeugt wird durch die an den Enden von a und b durch die Rotation von ab erzeugten Ladungen.

Hamburg, 8. Mai 1905.

(Eingegangen 13. Mai 1905.)

1) Encyklopädie d. Math. W. V_2. 1, 100.

Zur Theorie der relativen Bewegung und des Foucaultschen Pendelversuches.

Von A. Denizot.

Die Theorie des Foucaultschen Pendelversuches wird bekanntlich auf gewisse angenäherte Differentialgleichungen zurückgeführt, deren Glieder außer den äußeren Kräften nur noch die sogenannte zusammengesetzte Zentrifugalkraft enthalten; mit anderen Worten, es wird das bekannte Sinusgesetz als eine Folge dieser fingierten Kraft angesehen. Nun zeigt aber die allgemeine Theorie der relativen Bewegung, daß diese Kraft im vorliegenden Fall ihre Richtung gleichzeitig mit der Bewegungsrichtung des Pendels ändert und daher die Erscheinung einer fortwährenden Drehung der Schwingungsebene in einem und demselben Sinne nicht erklären kann. Auch folgender Umstand deutet hin auf die Unvereinbarkeit der Erscheinungen mit den angenäherten Differentialgleichungen: Bekanntlich wird auf dieselben Gleichungen die östliche und westliche Abweichung eines freifallenden Körpers zurückgeführt; Je nachdem nun der Pendelkörper sich abwärts oder aufwärts bewegt, müßte demnach jedesmal eine Abweichung nicht nach der gleichen, sondern nach der entgegengesetzten Seite eintreten. — Soll indes die Drehung der Schwingungsebene eines Pendels als eine Folge der relativen Bewegung angesehen werden, so müssen die allgemeineren, strengeren Differentialgleichungen gewisse Glieder enthalten, durch welche dieses Gesetz ausgedrückt wird. In der Tat zeigt eine allgemeinere Theorie, daß noch Glieder vorhanden sind, welche eine gewisse Zentrifugalkraft repräsentieren, die jedoch von der Zentrifugalkraft, welche zusammen mit der Erdattraktion die Schwere bildet, zu unterscheiden ist. Diese Glieder wurden bisher entweder zur Schwere hinzugefügt oder vernach-

lässigt; sie setzen aber gerade eine fortwährende Rotation des Körpers um eine gewisse Achse voraus, und eine nähere Betrachtung zeigt, daß sie imstande sind, das von Foucault[1]) ausgesprochene Gesetz darzustellen. Es ist daher — um die Bezeichnung von Coriolis[2]) anzuwenden — nicht die „force centrifuge composée", sondern ein Teil der „force d'entrainement", welche im vorliegenden Fall uns die Erscheinung erklärt.

Diese Erörterungen sind im Anschluß an eine allgemeine Theorie der relativen Bewegung[3]) angestellt, welche die Erscheinungen mit gewissen fingierten Kräften in Zusammenhang bringt. Bemerkt sei noch, daß zu vorliegenden Betrachtungen nicht das Foucaultsche Pendel selbst Veranlassung gegeben hat, sondern ein Versuch, gewisse elektrische und magnetische Erscheinungen auf relative Bewegungen zurückzuführen.

I. Allgemeine Theorie der relativen Bewegung.

Es werde ein im Raume absolut festes und ein bewegliches Koordinatensystem vorausgesetzt, und es soll die Bewegung eines Körpers in dem durch das bewegliche Koordinatensystem gegebenen Raum betrachtet werden. Ist die Lage der beiden Koordinatensysteme gegeneinander bekannt, so ist auch hierdurch in jedem Zeitmoment die Lage einer durch den Koordinatenanfang des beweglichen Systems gehenden Geraden bestimmt, um welche sich das bewegliche Koordinatensystem in jedem Augenblick mit einer gewissen Winkelgeschwindigkeit dreht. Für einen fest mit dem beweglichen System verbundenen Beobachter dreht sich der sich bewegende Körper um dieselbe Gerade mit derselben Winkelgeschwindigkeit, aber im umgekehrten Sinne. Wird auf dieser Geraden vom Koordinatenanfang aus eine Strecke gleich der Winkelgeschwindigkeit des beweglichen Koordinatensystems abgetragen, so wird durch diese Strecke die die instantane Rotation des beweglichen Koordinatensystems repräsentierende Achse dargestellt. Die in bezug auf das absolute Koordinatensystem erfolgende Drehung des beweglichen Koordinatensystems sei positiv gerechnet, wenn einem längs dieser Achse sich befindenden Beobachter diese Drehung im Sinne von rechts nach links erscheint.

Die Bewegungsgleichungen für relative Bewegung haben dieselbe Form wie die für absolute Bewegung, wenn zu den auf den Körper wirkenden äußeren Kräften noch gewisse fingierte Kräfte hinzugefügt werden:[1])

1. Die auf den Koordinatenanfang wirkende Kraft. Dies ist durch die Lage des Anfangspunktes des beweglichen Koordinatensystems gegenüber dem absolut festen Koordinatensystem bestimmt und ist gleich und entgegengesetzt derjenigen Kraft, welche auf den Körper wirken würde, wenn sich dieser im Anfangspunkt des beweglichen Systems befinden und mit diesem ein sich bewegendes System bilden würde.

2. Die Zentrifugalkraft des Massenmittelpunktes in bezug auf die instantane Achse. Um die instantane Achse findet, wie bereits hervorgehoben, in jedem Moment eine (relative) Drehung des sich bewegenden Körpers statt, und zwar im entgegengesetzten Sinne der (absoluten) Drehung des beweglichen Koordinatensystems. Die durch diese relative Drehung erzeugte (relative) instantane Rotationsenergie ist durch den Ausdruck $\frac{1}{2}\mathcal{J}\omega^2$ bestimmt, wo $\mathcal{J}$ das in jedem Augenblick veränderliche Trägheitsmoment des Körpers in bezug auf die instantane Achse und ω die zur betreffenden Zeit vorhandene Winkelgeschwindigkeit des beweglichen Koordinatensystems ist. Entsprechend dem um den Anfangspunkt des beweglichen Koordinatensystems als Mittelpunkt gelegten Trägheitsellipsoid kann man sich in jedem Moment eine veränderliche Form der sich bewegenden Masse zugeordnet denken und durch Einführung einer solchen fingierten, jedoch durch das Trägheitsellipsoid charakterisierten Form der Masse kann der in Rede stehende Teil der allgemeinen Bewegungsgleichungen sinnbildlich dargestellt werden, was sich bei manchen Problemen für die Vorstellung bequem erweisen kann. Die Komponenten der instantanen Zentrifugalkraft des Massenmittelpunktes sind gegeben durch die Summe der partiellen Differentialquotienten der instantanen Rotationsenergie der Masse in bezug auf die beweglichen Koordinaten der einzelnen Massenpunkte.

3. Die zusammengesetzte Zentrifugalkraft von Coriolis. Denkt man sich senkrecht zu der aus der relativen Geschwindigkeit c des Körpers und der die instantane Rotation repräsentierenden Achse ω gebildeten Dreiecksfläche einen Beobachter mit dem Gesicht nach dem Winkel (ωc) so gewendet, daß zur Linken ω und zur Rechten c liegt, so wirkt die Coriolissche Kraft in der Richtung von den Fußspitzen nach dem Kopf des Beob-

1) Foucault, Comptes Rendus **32**, 135, 1851.

2) Coriolis, Journal de l'École Polytechnique, cahier 21, 268; **24**, 142, 1835.

3) Denizot, Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie. Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles, Séance du 6 Décembre 1904, p. 449, 1905.

1) Dieselben ergeben sich am einfachsten mittels der Lagrangeschen Gleichungen.

achters; die Größe dieser Kraft ist gleich $-2m\omega c \sin\vartheta$, wenn ϑ der Winkel (ωc) ist.

4. Die instantane Tangentialkraft des Massenmittelpunktes, die jedoch fortfällt, wenn sich das bewegliche Koordinatensystem mit konstanter Geschwindigkeit um die instantane Achse dreht.

Aus den allgemeinen Bewegungsgleichungen läßt sich nun das Prinzip der lebendigen Kraft ableiten und in folgender Form darstellen: die gesamte Energie erscheint hier als die Differenz der relativen lebendigen Kraft $\left(\frac{1}{2}Mc^2; c = \text{relative Geschwindigkeit der Masse } M\right)$ und der durch relative Rotation des Körpers um die instantane Achse erzeugten Energie $\left(\frac{1}{2}\mathcal{J}\omega^2\right)$. Die Abnahme dieser gesamten Energie ist dann gleich der Summe folgender Arbeiten: 1. der auf den Körper wirkenden äußeren Kraft; 2. der auf den Koordinatenanfang wirkenden Kraft; 3. der instantanen Tangentialkraft. Dieser dritte Teil der Arbeit fällt jedoch bei konstanter Winkelgeschwindigkeit des beweglichen Koordinatensystems fort. Zu bemerken ist noch, daß die zusammengesetzte Zentrifugalkraft keinen Beitrag zur Arbeit liefert.

II. Anwendungen.

Die vorstehenden allgemeinen Sätze für relative Bewegung sollen nun auf die Bewegung eines Körpers an der Oberfläche der als Kugel gedachten rotierenden Erde angewandt werden, und zwar speziell auf den Foucaultschen Pendelversuch und die östliche und südliche Abweichung eines freifallenden Körpers.

Der Anfangspunkt des mit der Erde fest verbundenen beweglichen Koordinatensystems sei ein Punkt der Vertikalen des Ortes, in dessen Nähe die Bewegung eines Körpers betrachtet werden soll; dann ist die die instantane Rotation des beweglichen Koordinatensystems repräsentierende Achse eine vom Koordinatenanfang nach dem Polarstern gerichtete Gerade.

Die erste Zusatzkraft, die auf den Koordinatenanfang wirkende Kraft, ist gleich der aus der Rotation der Erde entspringenden, auf die Erdachse bezogenen Zentrifugalkraft und bildet zusammen mit der von außen wirkenden Kraft, d. i. der Erdattraktion, die Schwere. In dem Ausdruck dieser letzteren darf dagegen nicht die zweite Zusatzkraft, die durch die Abnahme der instantanen Rotationsenergie repräsentierte Zentrifugalkraft, miteinbegriffen werden, was bisher vielfach geschehen ist, jedoch im Widerspruch zur Definition der Schwere steht. Von der dritten Zusatzkraft, der zusammengesetzten Zentrifugalkraft, wird weiter unten die Rede sein, und die vierte Zusatzkraft fällt in diesem Falle fort, da die Winkelgeschwindigkeit des mit der Erde fest verbundenen beweglichen Koordinatensystems konstant ist.

Die mit Hilfe der Zusatzkräfte sich ergebenden Differentialgleichungen für relative Bewegung stimmen im wesentlichen mit den bereits von Poisson[1]) aufgestellten überein, wenn in diesen letzteren der Luftwiderstand fortgelassen und außerdem die Annahme gemacht wird, daß die Schwere nach dem Erdmittelpunkte gerichtet sei.

Das Prinzip der lebendigen Kraft besagt, daß die Abnahme der Differenz der relativen lebendigen Kraft und der relativen instantanen Rotationsenergie des Körpers gleich der vom Körper unter dem Einfluß der Schwere geleisteten Arbeit ist.

Bezüglich der zweiten Zusatzkraft ergibt eine weitere Folgerung der allgemeinen Betrachtung, daß das Trägheitsellipsoid in diesem Falle in eine Trägheitsellipse ausartet, so daß ein Teil der Bewegung, welcher durch den Ausdruck für die instantane Rotationsenergie des Körpers charakterisiert ist, auf eine mit der Masse des Körpers belegte Ebene zurückgeführt werden kann, welche sich um die instantane Achse mit der Winkelgeschwindigkeit der Erde im Sinne Nord über Ost dreht. Diese Drehung ist dabei vollständig unabhängig von Kräften, wie z. B. dem Widerstande einer Fläche (d. i. der Fall des Foucaultschen Pendels), der erdmagnetischen Kraft, dem Luftwiderstand. Wird diese Rotation auf die Vertikale des Ortes bezogen, so ergibt sich das zuerst von Foucault in bezug auf den bekannten Pendelversuch ausgesprochene Gesetz. Bei der hier gegebenen Darstellung ist es gleichgültig, nach welcher Seite das Pendel schwingt, denn die Drehung des Körpers um die instantane Achse erfolgt stets in einem und demselben Sinne; auch die Frage nach der Größe der Amplitude der Schwingungen hat hier keine Bedeutung.

Die bisherige Behandlung dieses Problems auf Grund der angenäherten Differentialgleichungen kann man dahin zusammenfassen, daß die Drehung der Schwingungsebene des Pendels der zusammengesetzten Zentrifugalkraft zugeschrieben wird. Folgende Überlegung zeigt jedoch, daß durch dieselbe eine Drehung der Schwingungsebene in einem und demselben Sinne nicht erfolgen kann. Denken wir uns, daß sich das im Anfangspunkt des beweglichen Koordinatensystems befestigte Fadenpendel z. B. in der Meridianebene nach Norden hin bewege; dann wirkt nach der oben erwähnten Regel, da zur Linken die Achse der Rotation des beweglichen Koordinatensystems, zur Rechten

1) Poisson, Journal de l'École Polytechnique, cahier **26**, 15, 1838.

die relative Geschwindigkeit des Körpers liegen soll, die Coriolissche Kraft nach Osten. Wenn nun das Pendel nach der entgegengesetzten Seite, also nach Süden, schwingt, dann wirkt die Coriolissche Kraft, da die Achse der Drehung des beweglichen Koordinatensystems stets parallel der Erdachse nach dem Polarstern gerichtet bleibt, nunmehr entgegengesetzt wie vorhin (nach Westen), und man sieht, daß man bei dem Foucaultschen Phänomen wohl gewisse störende Einflüsse der Coriolisschen Kraft zuschreiben kann, aber nicht eine gleichmäßige und in einem und demselben Sinne erfolgende Drehung der Schwingungsebene. Die bisherigen für kleine Schwingungen geltenden Näherungsrechnungen ergeben die Richtung nur für einen Teil der unendlich kleinen Schwingung, und es läßt sich auch ohne weiteres (aus dem Flächensatz) zeigen, daß bei Umkehr der Bewegung des Pendelkörpers die entsprechenden Rechnungen die Richtung der Coriolisschen Kraft nicht ost-, sondern westwärts ergeben.

Während nun beim Foucaultschen Pendelversuch die Coriolissche Kraft gewissermaßen gar nicht zur Wirkung gelangt, werden durch diese Kraft andere Erscheinungen an der rotierenden Erdoberfläche erklärt. Läßt man z. B. in einem Punkte über der Oberfläche der Erde, dem Anfangspunkte des beweglichen Koordinatensystems, einen Körper frei fallen, so ist die relative Geschwindigkeit des Körpers vertikal nach unten, die instantane Achse der Rotation des mit dem Beobachter fest verbundenen, beweglichen Koordinatensystems vom Anfangspunkt der Bewegung nach dem Polarstern gerichtet; die Coriolissche Kraft wirkt daher nach Osten. Hiernach wird in Übereinstimmung mit den bekannten Differentialgleichungen die östliche Abweichung eines frei fallenden Körpers als Folge der relativen Bewegung erklärt. — Außer der Coriolisschen Kraft entsteht noch eine Drehung des Körpers um die durch den Anfangspunkt der Bewegung gehende instantane Achse und zwar im entgegengesetzten Sinne der Drehung des beweglichen Koordinatensystems, also im Sinne Nord über Ost, und hierauf kann die vielfach umstrittene südliche Abweichung eines frei fallenden Körpers theoretisch zurückgeführt werden. Allein da die Fallzeit nur wenige Sekunden beträgt, so dürfte es kaum gelingen, die Drehung des Körpers um die instantane Achse, d. h. dasselbe Phänomen wie beim Foucaultschen Pendelversuch, mit Hilfe frei fallender Körper experimentell wirklich zu beweisen. Die in der Literatur von Guglielmini, Benzenberg, Reich angegebenen Zahlen liegen ganz im Bereich der Beobachtungsfehler.[1]) — Beim Foucaultschen Pendelversuch kann die Bewegungszeit des Körpers beliebig verlängert und daher auch die Drehung des Körpers um die instantane Achse durch das Experiment festgestellt werden.

1) Dasselbe gilt auch von dem in neuester Zeit von Edwin H. Hall (The Physical Review **17**, 179 und 245, 1903) angegebenen Wert. Aus 948 Versuchen wird für die südliche Abweichung bei einer Fallhöhe von 23 m der Wert 0,050 mm mit dem wahrscheinlichen Fehler $\pm$0,043 mm ermittelt.

Charlottenburg, April 1905.

(Eingegangen 27. April 1905.)

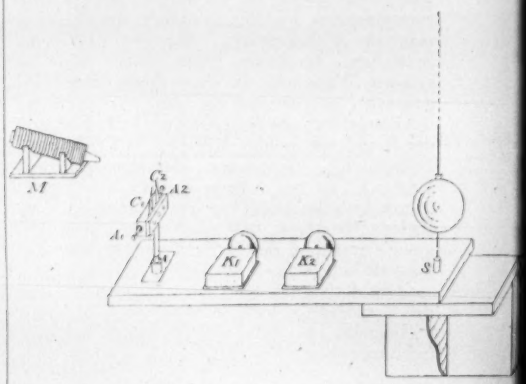
Elektromagnetische Vorrichtung für den Foucaultschen Pendelversuch.

Von P. Spies.

Da die meisten Störungen, die ein Foucaultsches Pendel beeinflussen und das regelmäßige Fortrücken der Schwingungsebene verdecken, stärker wachsen als proportional der Zeit[1]), so ist die zu erzielende Genauigkeit eines Versuchs desto größer, je geringer seine Dauer ist. Voraussetzung ist dabei, daß man eine Methode besitze, die auch eine kleine Verschiebung der Schwingungsebene genau zu messen gestattet. Hierzu hat mir die folgende einfache Vorrichtung, die zugleich eine objektive Demonstration ermöglicht, gute Dienste geleistet.

Unten an der Pendelkugel ist eine feine Metallspitze angebracht, die der Reihe nach mehrere, im einfachsten Falle 2, empfindliche Kontakte betätigt. Diese Kontakte C_1 und C_2 (Fig. 1) werden in einem Abstande von der Ruhelage des Pendels aufgestellt, der etwas kleiner ist, als die halbe Amplitude; für die Breite von Posen ergibt ein Abstand von 72,2 cm

1) Vergl. Weinhold, Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterr. 1904, S. 200.



in 4 Minuten ein Fortrücken des Pendels um 1 cm. In diesem Abstande stellte ich ursprünglich zwei leichte, um eine wagerechte Achse drehbare Stifte senkrecht auf, die nacheinander von der Pendelspitze umgeworfen wurden und, in Quecksilbernäpfe fallend, einen Kontakt schlossen. Viel besser erwiesen sich jedoch Kontakte, die in Form eines oben sehr schmalen Trapezes (0,5 mm breit) aus dünner Platinfolie geschnitten waren (vergl. Fig.) und sich sehr genau in bestimmtem Abstande einklemmen lassen. Auf die Pendelkugel hat der Stoß gegen diese zarten Blättchen keinen bemerkenswerten Einfluß; hingegen läßt er sich in verschiedener Weise zur Kontaktgebung benutzen. Am einfachsten ist es, den Strom durch den Aufhängedraht des Pendels selbst zu leiten. Der Strom geht dann von einem Pole einer Batterie (die wegen der kurzen Kontaktdauer ziemlich kräftig sein muß, ca. 12 Volt) über die elektrische Klingel K_1 und die Klemme A_1 nach C_1; parallel geschaltet hierzu ist der Weg $K_2 A_2 C_2$. Von der Aufhängevorrichtung des Pendels führt ein fest verlegter Draht in die Nähe der Beobachtungsstelle und wird hier an den andern Batteriepol angeschlossen, so daß die beiden Klingeln, die einen verschiedenen Ton haben, bei Berührung von C_1 bezw. C_2 ertönen. Der in der Höhe verstellbare Kontaktträger ist mit den Klingeln und den zugehörigen Verbindungsdrähten auf einem Brette angebracht; dieses kann mittels einer am andern Ende befindlichen Durchbohrung auf einen in einem Wandbrett befestigten Messingstift S gesteckt werden, eine Befestigungsweise, die genügt, um den richtigen Abstand des Kontaktträgers von der Ruhelage des Pendels zu sichern, ohne eine seitliche Verschiebung in die gewünschte Richtung zu behindern.

Die Pendelkugel trägt nicht die übliche äquatoreale Rinne, da sie nicht mittels eines abzubrennenden Fadens, sondern des Elektromagnets M losgelassen wird. Ist das kleine Brettchen, das diesen trägt, ebenso wie das größere Wandbrett an einer festen Wand angebracht, so erfordert die ganze Vorbereitung des Pendelversuchs einschließlich der Beruhigung der Kugel nur wenige Minuten, und zwar ohne Anwendung besonderer Beruhigungsvorrichtungen.[1]) Im besonderen erweist sich die elektromagnetische Auslösung dem Abbrennen eines Fadens überlegen, falls nach mißlungenem Abgang der Kugel der Versuch mit gleicher Anfangsstellung schnell wiederholt werden soll.

Die Anfangsstellung wird so gewählt, daß die Pendelspitze hart an dem ersten Kontakt vorbeigeht, so daß sie ihn nach wenigen Schwingungen trifft. Man zählt nun die Zeit von dem Augenblicke an, in dem dieser Kontakt zum ersten Male ausbleibt bis zu dem Zeitpunkte, in dem der Kontakt bei C_2 beginnt. Hat das Pendel eine elliptische Bahn angenommen, so beginnt der Kontakt an C_2 nicht zugleich bei Hin- und Rückgang des Pendels, und man hat von diesen beiden Anfangszeiten das Mittel zu nehmen.

Was den zu wählenden Abstand $C_1 C_2$ angeht, so zeigt sich schon bei 0,25 bis 0,5 cm, also in 1 bis 2 Minuten, einwandfrei der richtige Sinn der Drehung. Von einer Zeitmessung kann indes hierbei schon deshalb nicht die Rede sein, weil auch bei Abwesenheit aller Störungen der mögliche Fehler der Messung gleich der Dauer einer ganzen Pendelschwingung ist. Ein Abstand von 1 bis 1,5 cm, also eine Versuchsdauer von 4 bis 6 Minuten, erweist sich als ganz praktisch. Im übrigen kommen für diese Art der Demonstration genau die gleichen Störungsquellen in Betracht, wie für irgendeine andere, nur daß, wie erwähnt, die geringe Dauer der Störungen günstig wirkt. Nur ein Umstand sei noch erwähnt. Steht die Pendelspitze nicht genau in der Verlängerung des Aufhängedrahtes, so beschreibt sie einen kleinen Kreis, wenn die Kugel um den Draht Torsionsschwingungen ausführt. Den hierdurch entstehenden, bei kurzer Versuchsdauer relativ großen Fehler vermeidet man einerseits, indem man in bekannter Weise den Draht austordieren läßt usw., andrerseits dadurch, daß man die Versuchsdauer auf eine ganze Zahl von solchen Torsionsschwingungen ausdehnt.

(Eingegangen 1. Mai 1905.)

1) Vergl. Weinhold, l. c.

Über die Verdampfungswärme des flüssigen Sauerstoffs und flüssigen Stickstoffs.

Von H. Alt.[1])

Die Bestimmung der latenten Verdampfungswärme der flüssigen Luft sowie ihrer Komponenten ist in der letzten Zeit mehrfach Gegenstand experimenteller Untersuchungen gewesen, so durch Behn[2]) (1900, flüssige Luft: 50,8 cal. pro gr-Masse); Shearer[3]) (1902, flüssige Luft mit 21,8 — 72 Proz. O_2 : 44,02 — 51,7); den Verfasser[4]) (1903, N_2 : 48,58, O_2 : 52,02); Shearer[5]) (1903, N_2 : 49,73, O_2 : 61,0); Estreicher[6]) (1904, O_2 : 58,0); Fenner und

1) Mitteilung aus dem phys. Inst. der Techn. Hochschule München.

2) U. Behn, Ann. d. Phys. 1, 270—274, 1900.

3) J. S. Shearer, Phys. Rev. 14, 188—191, 1902.

4) H. Alt, Ann. d. Phys. 13, 1010—1027, 1904.

5) J. S. Shearer, Phys. Rev. 17, 469—475, 1903.

6) T. Estreicher, Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie, S. 183—196, 1904.

Richtmyer[1]) (1905, flüssige Luft 50 bis 54, Mittel ,0,966).

Wie die in Klammern angeführten Resultate der betreffenden Arbeiten zeigen, bestehen zwischen den einzelnen Bestimmungen noch immer große Abweichungen. Da somit neue Bestimmungen dieser auch in geophysikalischer Hinsicht wichtigen Größen notwendig waren, und die ausführliche Beschreibung meiner sich über mehr als zwei Jahre erstreckenden, mit wesentlich verbesserten Hilfsmitteln angestellten diesbezüglichen Untersuchungen erst in einiger Zeit geliefert werden kann, schien es mir wünschenswert, an dieser Stelle bereits jetzt eine kurze Mitteilung über dieselben zu veröffentlichen. Hinsichtlich der Einzelheiten muß auf die an anderer Stelle zu gebende eingehendere Darstellung verwiesen werden.

Die Methode bestand wie früher darin, daß die durch elektrische Heizung verdampfte Flüssigkeitsmenge an der Wage bestimmt wurde. Um aber die Flüssigkeit unter beliebigem Drucke sieden zu lassen, sowie um jede Berührung des verflüssigten Gases mit der Außenluft zu vermeiden, befand sich die Wage W, Fig. 1, innerhalb eines aus einem zylindrischen

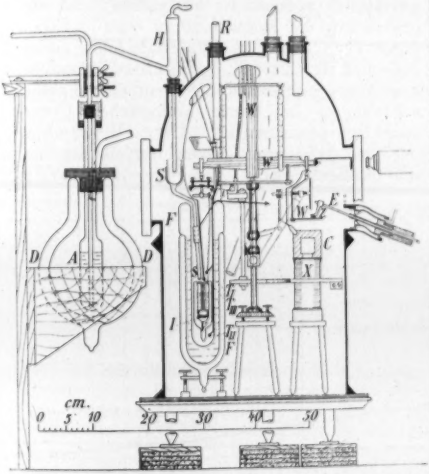


Fig. 1.

und einem halbkugeligen Teile bestehenden dickwandigen, gehämmerten, sehr geräumigen Kupferdomes; aufgekittete Spiegelglasfenster erlaubten die Beobachtung; die nötigen Gas- und elektrischen Leitungen wurden durch luftdicht schließende Tuben in der Decke des Domes ins Freie führt. Die Bedienung der Wage erfolgte durch einen Gummiärmel, der der Klaue Z eine Bewegungsfreiheit von 7 cm in der Richtung des Stabes E, und diesem wieder einen kegelförmigen Spielraum von ca. 45° von der Mitte nach allen Seiten ermöglichte. Die Bewegung der Wage war, da es sich um die Bestimmung eines sich stetig ändernden Gewichtes handelte, durch die Kupferscheibe C zwischen den Polen des Elektromagneten X aperiodisch gedämpft. Das verflüssigte Gas befand sich in dem versilberten Vakuumfläschchen V; auf dem Grunde derselben lag die Heizspirale $\mathcal{J}$; dieser wurde Strom bei den ersten Versuchsreihen durch 0,3 mm starke Kupferdrähte, bei den zweiten durch 0,14 mm dicke Silberdrähte zugeführt; die hierdurch bedingte Verschiedenheit der Zuleitungen hatte auf die Genauigkeit der Versuchsresultate bedeutenden Einfluß. Die Drähte führten durch die dünne, die Einstellungsgenauigkeit der Wage nicht beeinträchtigende Silberlamelle s über die Kabelschuhe P hinweg durch einen Tubus zum Meßapparat hinaus. Das Verdampfungsgefäß V selbst schwebte im Innern einer dreiwandigen Vakuumflasche F, deren Zwischenraum, wie in der Figur angedeutet, mit einer Kühlflüssigkeit beschickt wurde, deren Abdampf durch das Rohr R entwich (oder hier wieder aufgefangen wurde). Um die Wärmezufuhr zu V möglichst zu verringern, kam als Kühlflüssigkeit für Stickstoff bei hohem und Sauerstoff bei tiefem Druck unter normalem Drucke siedende flüssige Luft, für Stickstoff bei tiefem Drucke dagegen unter vermindertem Drucke siedende Luft, für Sauerstoff bei hohem Drucke reiner verflüssigter Sauerstoff zur Verwendung. Durch drei Thermoelemente T_I, T_{II}, T_{III}, von denen das letztere in der Höhe verstellbar war, konnte die Temperaturverteilung im Kühlrohre gemessen werden. Das Gas, welches in einer auf verschiedenen Wegen kontrollierten Reinheit mit der Sorgfalt hergestellt wurde, wie sie bei Bereitung großer Mengen möglich ist, gelangt — von dem Erzeugungsapparate ab unter Ausschluß jeglicher Gummiverbindungen — in das Kondensationsgefäß A, wird dort in üblicher Weise durch Eintauchen von A in die mit flüssiger Luft gefüllte Vakuumflasche D verflüssigt, und mittels eines, nach außen durch einen Schliff vollkommen luftdicht abgeschlossenen Hahnes H besonderer Konstruktion unter Verwendung der Druckdifferenz zwischen dem Rezipienten und dem Kondensgefäß in ein Filter und durch den Fülltrichter S in das Verdampfungsgefäß gebracht.

Das verdampfte Gas wurde unter Zwischenschaltung eines nach dem Prinzip der Mariotteschen Flasche gebauten eigenen Druckregulators von geräumigen, durch eine große Gerykpumpe evakuierten Stahl-Rezipienten von ca. 0,37 cbm

1) R. C. Fenner u. F. K. Richtmyer, Phys. Rev. 20, 77—85, 1905.

Inhalt aufgenommen. Hierdurch war für genaue automatische Regulierung und lange Konstanterhaltung der einzelnen Druckstufen gesorgt.

Die elektrischen Größen, und damit die zugeführte Energie, sowie die E.M.K. der Thermoelemente wurden durch Kompensation gegen ein Weston-Normalelement bestimmt. Die Zeit registrierte ein elektrischer Chronograph.

Die bei den Wägungen und elektrischen Messungen erforderlichen Korrektionen wurden sämtlich durch besondere Versuchsreihen ermittelt und bei der Ableitung der Endwerte berücksichtigt. Besondere Sorgfalt verlangt die Berechnung der durch Wärmezufuhr von außen her verdampften Menge des verflüssigten Gases. Die hierdurch bedingte Korrektion wurde am eingehendsten untersucht; als Resultat ergab sich die Anwendung einer Exponentialfunktion für den Gang der Wärmezufuhr mit der Zeit, sowohl für die Dauer des Stromschlusses, währenddessen sie beträchtlich sinkt, als auch für die Zeit nach demselben, bis wieder der vor Stromschluß vorhandene Zustand erreicht ist. Außerdem wurde versucht, dieses Korrektionsglied möglichst herabzudrücken; es gelang dies durch die beschriebene Anordnung soweit, daß bei den zweiten Reihen (Silberdrähte) diese Korrektion überhaupt nur noch 0,6 1 Proz. bis 2 Proz. des Gesamtwertes betrug. Bei den ersten Reihen (Kupferdrähte, schwarze Oxydoberfläche!) betrug sie das Drei- bis Vierfache.

Da neben dieser Korrektion die anderen mit weniger als 1 Promille wenig in Betracht kommen, glaube ich annehmen zu dürfen, daß diejenigen Absolutwerte, bei denen die durch äußere Wärmezufuhr bedingte Verdampfung unter 1 Proz. betrug, unter den ungünstigsten Annahmen sicher um weniger als + 1 Proz. fehlerhaft sind.

Es liegen im ganzen 100 definitive Versuche vor, 50 für Sauerstoff im Bereiche von 710 mm bis 35 mm, 50 für Stickstoff zwischen 710 mm und dem Erstarrungsdrucke (94 mm). Die Versuche bei tiefem Drucke, insbesondere bei Sauerstoff erforderten wegen der starken und gefährlichen Siedeverzüge große Sorgfalt; die Konstruktion eines besonderen Stromschlüssels, bei dem durch ein schwingendes Pendel unmittelbar vor Stromschluß ein Stromstoß mit höherer Spannung in die Heizspirale geschickt wurde, erwies sich dabei als nötig.

In der am Schluß folgenden Tabelle sind die erhaltenen Resultate nebst den dazugehörigen Drucken angegeben; in Figur 2 sind sie graphisch eingetragen und ausgeglichen; dabei sind die Versuche der 1. Reihen durch kleine, die der 2. durch große Kreise wiedergegeben; die Versuche, bei denen die äußere Verdampfung unter 1 Proz. blieb, die also das größte Zutrauen verdienen, sind durch schwarze Punkte bezeichnet. Von einer Angabe der entsprechenden Temperaturen wurde vorläufig abgesehen, da die vorhandenen Dampfspannungskurven nicht unerheblich voneinander abweichen, und mir gegenwärtig die Möglichkeit zu einer vollständigen Vergleichung des Materials fehlt; außerdem wird Herr Prof. K. T. Fischer demnächst neue Werte publizieren, die er auf Grund seiner seit langem im Gange befindlichen Untersuchungen gewonnen hat. Unter Verwendung der mir bekannten Zahlen erhielt ich für die Abhängigkeit der Verdampfungs-

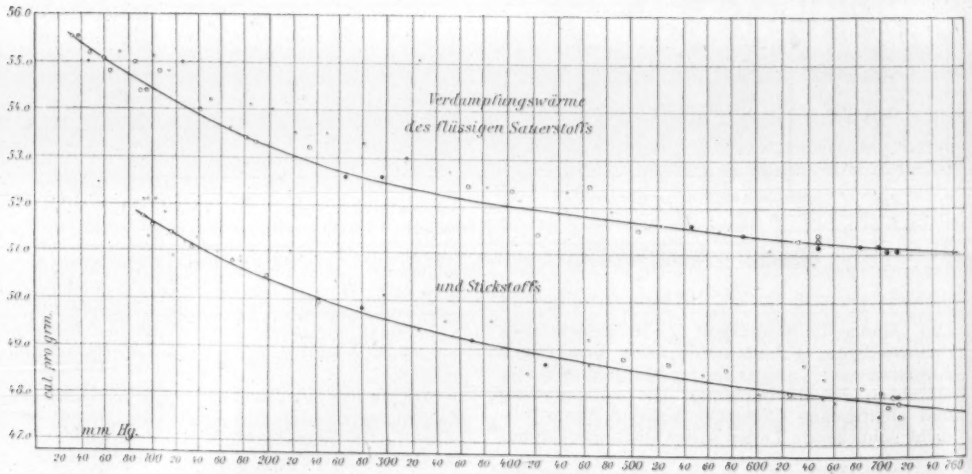


Fig. 2.

wärme von der Temperatur sowohl für Sauerstoff als für Stickstoff gerade Linien, von denen die einzelnen Werte nicht mehr abweichen, als ihrer relativen Genauigkeit entspricht.

Resultate:

Verdampfungswärme in $\frac{\text{gr-cal}}{\text{gr-Masse}} = l$,

Druck in mm Hg $= p$.

	Sauerstoff:			Stickstoff:	
	p	l		p	l
1.	609,6	51,1	29.	589,7	51,4
2.	570,0	51,5	30.	546,8	51,6
3.	523,4	51,6	31.	505,1	51,5
4.	484,4	51,9	32.	466,4	52,4
5.	447,4	52,3	33.	423,4	51,4
6.	383,8	52,4	34.	402,9	52,3
7.	350,9	52,7	35.	367,8	52,4
8.	317,1	53,0	36.	297,0	52,6
9.	281,5	53,3	37.	266,9	52,6
10.	250,3	53,5	38.	234,7	53,2
11.	221,5	53,5	39.	190,3	53,3
12.	201,9	54,0	40.	180,7	53,4
13.	186,4	54,1	41.	140,7	54,0
14.	168,5	53,6	42.	107,0	54,8
15.	152,5	54,2	43.	96,0	54,4
16.	134,5	55,0	44.	91,4	54,4
17.	115,4	54,8	45.	86,5	55,0
18.	101,3	55,1	46.	66,8	54,8
19.	73,5	55,2	47.	59,9	55,1
20.	46,5	55,0	48.	48,9	55,2
21.	712,9	51,1	49.	38,3	55,5
22.	705,4	51,1	50.	34,7	55,5
23.	698,9	51,2	51.	710,4	48,0
24.	684,1	51,2	52.	698,6	47,6
25.	647,4	51,2	53.	661,2	47,9
26.	647,4	51,4	54.	651,7	48,0
27.	647,4	51,3	55.	651,7	48,4
28.	631,9	51,3	56.	636,8	48,7

	Sauerstoff:			Stickstoff:	
	p	l		p	l
57.	601,8	48,1	79.	95,2	52,1
58.	555,9	48,5	80.	713,4	47,5
59.	465,1	48,7	81.	713,4	47,9
60.	465,4	49,2	82.	713,2	48,0
61.	414,5	48,5	83.	710,0	48,0
62.	387,4	49,6	84.	705,2	47,8
63.	348,0	49,6	85.	700,0	48,1
64.	325,6	49,4	86.	684,4	48,2
65.	299,2	50,1	87.	626,0	48,1
66.	258,1	50,4	88.	575,2	48,6
67.	218,2	51,0	89.	526,9	48,7
68.	177,5	50,9	90.	492,9	48,8
69.	177,5	50,8	91.	429,0	48,7
70.	158,0	51,0	92.	371,3	49,2
71.	139,5	51,3	93.	280,7	49,8
72.	128,5	51,2	94.	242,4	50,0
73.	118,5	50,9	95.	199,0	50,5
74.	111,6	51,8	96.	169,9	50,8
75.	104,1	52,1	97.	135,2	51,1
76.	98,1	52,1	98.	117,1	51,4
77.	97,7	51,3	99.	100,1	51,6
78.	95,7	51,7	100.	94,3	51,7

Extrapoliert man den Verlauf der Kurven Fig. 2 bis zum Druck von 760 mm, so erhält man für

Sauerstoff: $l_{760} = 50{,}97$ cal,
Stickstoff: $l_{760} = 47{,}65$ cal.

Herrn Professor Ebert, in dessen Institut die vorliegende Untersuchung durchgeführt wurde, möchte ich auch an dieser Stelle meinen Dank für seine bereitwillige Unterstützung, insbesondere für die reichliche Gewährung der zu der Arbeit erforderlichen großen Mittel aussprechen.

München-Kronach i. Bay., März 1905.

(Eingegangen 5. April 1905.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Über die Beziehungen zwischen dem Absorptionsvermögen für strahlende Energie und der chemischen Beschaffenheit der Körper.

Von A. Byk.[1])

Die hohe Blüte, zu welcher sich die experimentelle und theoretische Optik in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts entfaltete, betraf in der Hauptsache doch nur diejenigen Phänomene, welche, wie Lichtfortpflanzung, Interferenz und Polarisation, wesentlich auch im freien Raume auftreten. Nun gibt es aber Erscheinungen, besonders die Absorption und Dispersion, die den wägbaren Körpern als solchen eigentümlich sind und daher zu ihrer Erklärung einen gewissen Anteil der kleinsten Teilchen der Körper selbst bei der Lichtfortpflanzung postulieren. Diesen Erscheinungen gegenüber war die Fresnelsche Optik nahezu machtlos; und doch wurde nach der Entdeckung und im weiteren Laufe der Entwicklung der Spektralanalyse das Bedürfnis nach Aufklärung in dieser Hinsicht immer dringender.

Ein durchgreifender Fortschritt wurde hier erst erzielt, als man bestimmte Vorstellungen über das Verhalten der Moleküle beim Durchgang von Lichtstrahlen bildete. Derartige Anschauungen sind zuerst von Maxwell, später von Sellmeier, Helmholtz und Ketteler

1) Habilitationsvortrag vor der Abteilung für Chemie und Hüttenkunde der Technischen Hochschule Berlin.

ausgesprochen worden. Sie kamen alle darauf hinaus, daß die kleinsten Teilchen durch die periodisch wechselnden Impulse des einfallenden Lichtes in mitschwingende Bewegungen geraten könnten. Die Reibung, welche mit dieser Bewegung verbunden sein sollte, würde die Vernichtung von Lichtenergie, die Absorption des Lichtes, verursachen.

Sofern den Molekülen gewisse Eigenschwingungen zukommen, werden sie am stärksten erregt, wenn die Wellenlänge des einfallenden Lichtes nahezu gleich der Wellenlänge einer Eigenschwingung ist, wie ja auch eine Stimmgabel nahezu am stärksten durch ihren Eigenton in Bewegung gesetzt wird. Die Verschiedenheit dieser Eigenschwingungen soll die selektive Absorption der verschiedenen Körper, ihre Farbe, bedingen.

Damit ist für die Optik die Aufgabe gegeben, den speziellen Charakter der selektiven Absorption aus der Molekularstruktur herzuleiten. Freilich ist klar, daß diese Aufgabe nur in besonderen Fällen, die sich namentlich in geometrischer Hinsicht durch Einfachheit auszeichnen, mit den Mitteln des Physikers lösbar ist. In einem solchen Falle ist von physikalischer Seite her ein großer Erfolg erzielt worden. Die durch Magnetfelder bedingte Änderung des Molekularzustandes ist bezüglich ihres Einflusses auf die Absorption theoretisch und experimentell so durchgearbeitet, daß das betreffende Phänomen, der Zeeman-Effekt, heute eines der glänzendsten Kapitel der Ätherphysik darstellt.

Im allgemeinen aber wird es Sache des Chemikers sein, den Zusammenhang zwischen Lichtabsorption und molekularer Beschaffenheit klarzustellen. Denn hierzu ist eine genauere Kenntnis der Struktur erforderlich. Die Chemiker haben freilich bei der Bearbeitung dieser Aufgabe nicht erst auf die Anregung von physikalischer Seite gewartet. Zu ihr führt nämlich auch eine andere, der Chemie als solcher eigentümliche Entwicklungsreihe.

Wie hängen die physikalischen Eigenschaften der Körper mit ihrer Konstitution zusammen? Das ist eine Fragestellung, die fast so alt ist wie die atomistische Chemie selbst. Die Regel von Avogadro, dieser wichtige Grundpfeiler unseres heutigen Lehrgebäudes, ist im Grunde nichts anderes als das Postulat einer besonders einfachen Beziehung zwischen dem Gesamtgewichte des Moleküls und der Dichte der Gase. Fragestellungen dieser Art liegen z. B. auch den bekannten Regeln von Dulong und Petit und Kopp zugrunde. Ja man kann geradezu sagen, daß vor Einführung der beiden Hauptsätze der Thermodynamik in die physikalische Chemie derartige Beziehungen den wesentlichen Inhalt dieser Disziplin ausmachten.

So war von seiten der Chemie der Boden für eine Aufstellung von Zusammenhängen zwischen Farbe und Konstitution wohl vorbereitet. Aber die genauere Formulierung derartiger Beziehungen konnte erst in einem verhältnismäßig späten Entwicklungsstadium einsetzen. Man hat bei dem komplizierten Charakter des Absorptionsphänomens im allgemeinen nicht kolligative oder additive, sondern durchaus konstitutive Beziehungen zu erwarten. Man konnte daher mit Aussicht auf Erfolg das Problem erst zu einer Zeit bearbeiten, als die Konstitution der komplizierten organischen Farbstoffmoleküle hinreichend aufgeklärt war, resp. auf anorganischem Gebiete, als in dem periodischen System ein fester Anknüpfungspunkt für den Vergleich der physikalischen Eigenschaften der einzelnen Elemente gegeben war.

In der organischen Farbchemie haben sich im Laufe der Zeit bestimmte Vorstellungen herausgebildet, an deren Entwicklung Liebermann und Witt einen wesentlichen Anteil gehabt haben. Man unterscheidet bekanntlich nach Witt in den Farbstoffmolekülen die chromophoren und auxochromen Gruppen (wesentlich OH und NH_2); und zwar scheint in konstitutiver Beziehung für die in größerer Mannigfaltigkeit auftretenden chromophoren Gruppen entsprechend einer Vermutung von Gräbe und Liebermann die Doppelbindung, unter anderen die Kohlenstoffdoppelbindung, charakteristisch zu sein. Gerade in jüngster Zeit sind durch die Arbeiten von Baeyer über Triphenylmethan und diejenigen von Willstätter über Chinonimide diese Fragen wieder in lebhaften Fluß gekommen.

Die Fragestellung nach der für das Auftreten von Farbe erforderlichen Atomgruppierung bezieht sich zunächst schon wegen des Interesses, das die Technik an dieser Frage hat, auf das Gebiet der sichtbaren Strahlung. Indes wird man, um das Problem allgemeiner zu erledigen, auch die Absorption im unsichtbaren, ultravioletten oder ultraroten Teile des Spektrums, untersuchen müssen. Hier ist es nötig, den Begriff der Farbe etwas schärfer zu präzisieren. Schon vom rein optischen Standpunkte ist, wie erwähnt, für die Eigentümlichkeiten des Körpers als solchen gerade die selektive Absorption charakteristisch, eine Absorption, die sich auf ein verhältnismäßig schmales, nach beiden Seiten hin abgegrenztes Gebiet erstreckt. Diese wird als besonders konstitutive Eigenschaft, die in der optischen Auffassung mit der Eigenschwingung des Moleküls zusammenhängt, mehr interessieren als die bei allen Körpern mehr gleichmäßig auftretende, aus dem Ultrarot oder Ultraviolett hervorkommende einseitige Absorption.

Im Ultrarot liegt wohl wegen der größeren

experimentellen Schwierigkeiten verhältnismäßig weniger Material vor als im Ultraviolett. Zur Aufstellung eigentlicher chromophorer Gruppen ist es bisher im Gebiete der langen Wellen noch nicht gekommen. Hingegen scheint, wie Zsigmondy aus Versuchen von Friedel schließt, auch hier die *OH*- und NH_2-Gruppe die Rolle eines Auxochroms zu spielen. Sehr merkwürdig ist, daß sogar im Gebiete außerordentlich langsamer Wellen, bei elektrischen Schwingungen, das Hydroxyl, wie Drude gezeigt hat, für die selektive Absorption maßgebend ist, so daß sie geradezu ein qualitatives Reagens auf die Anwesenheit von Hydroxylgruppen im Molekül darstellt.

Weiter fortgeschritten als im Gebiete der langen Wellen sind unsere Kenntnisse im Ultraviolett. Das größte Material haben hier Hartley und seine Mitarbeiter zusammengebracht. Er kommt auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Resultat, daß die selektive Absorption im Ultraviolett an die Zusammenlagerung dreier Doppelbindungen zum Ringe, wie im Benzolkern, gebunden ist. Also auch hier tritt uns der chromophore Charakter der Kohlenstoffdoppelbindung entgegen, und zwar ist hier die chromophore Wirkung eine weit verbreitetere als im sichtbaren Gebiet, da offenbar noch ganz besondere Bedingungen eintreten müssen, um, wie beim Fulven, den Streifen selektiver Absorption aus dem Ultraviolett ins sichtbare Gebiet hineinzurücken.

Das führt zugleich auf eine neue Frage. Bisher haben wir wesentlich qualitativ die Rolle gewisser Gruppen betrachtet, welche überhaupt das Auftreten selektiver Absorption bedingen. Damit wird aber offenbar die Nuance der Färbung, die Lage des Absorptionstreifens im Spektrum, noch nicht bestimmt. Inwieweit ist man nun in der Lage, über die Nuance im Zusammenhang mit der Konstitution etwas auszusagen? Hierüber haben bekanntlich vor allem Nietzki und später Schütze genauere Untersuchungen angestellt. Nietzki ist dabei zu seiner Regel über die Vertiefung der Farbe in homologen Reihen durch substituierende Gruppen mit wachsendem Molekulargewicht gekommen. Schütze hat diese Regel näher begründet und die Grenzen ihrer Gültigkeit aufgesucht. Dabei hat er den Begriff der hypso- und bathochromen Substituenten eingeführt, von denen die ersten den Absorptionsstreifen nach Richtung der kürzeren, die anderen nach Richtung der langen Wellen verschieben. Untersuchungen über hypso- und bathochrome Substituenten liegen in großer Anzahl vor. Der Einblick in die Wirkungsweise derartiger Gruppen wird noch dadurch vertieft, daß, wie Schütze gezeigt, der Effekt ein um so stärkerer ist, je näher sich im Molekül die substituierende Gruppe am Chromophor befindet. Er hat sogar vorgeschlagen, hierauf Konstitutionsbestimmungen zu gründen.

Wie bei den organischen, so hängt auch bei den anorganischen Verbindungen die Farbe mit der Konstitution zusammen. Freilich zeigen sich dabei charakteristische Unterschiede, die durch den verschiedenartigen molekularen Aufbau dieser beiden Verbindungsklassen bedingt sind. Die organischen Körper enthalten nur wenige Elemente, und die große Anzahl chemischer Individuen wird hier durch außerordentlich mannigfaltige Kombination dieser letzten Einheiten hervorgebracht. Umgekehrt entstehen die anorganischen Verbindungen durch Zusammenlagerung einer weit größeren Anzahl von Elementen, die aber in der Möglichkeit ihrer Gruppierung viel beschränkter sind. Dazu kommt, daß unsere Kenntnisse von der Molekularstruktur in der anorganischen Chemie hinter denen in der organischen zurückgeblieben sind, während andererseits der Vergleich der Eigenschaften der einzelnen Elemente als solcher an dem periodischen System eine feste Anlehnung findet. So erscheint es natürlich, daß die Fragestellung nach Farbe und chemischer Beschaffenheit auf anorganischem Gebiete wesentlich nicht an die Atomgruppierung, sondern an den individuellen Charakter der einzelnen Elemente, ihr Atomgewicht, ihre elektropositive resp. elektronegative Natur anknüpft.

Am deutlichsten tritt das hervor an der Farbe der freien Elemente im Gaszustande, wo alle sekundären Einflüsse verschwinden. Es handelt sich dabei um die Absorptionsspektren der glühenden Metalldämpfe, die nach dem Kirchhoffschen Gesetz bekanntlich mit den Emissionsspektren identisch sind. Diese zeigen eine deutliche Abhängigkeit vom Atomgewicht und der Stellung des betreffenden Metalles im periodischen System. Wesentlich in den drei ersten Gruppen treten Serien von Linien bestimmten Charakters auf, die für jede einzelne von ihnen charakteristisch sind und die sich innerhalb irgendeiner Vertikalreihe des Systems mit wachsendem Atomgewicht gegen das rote Ende des Spektrums hin verschieben. So wirkt auch meist in der organischen Chemie die Erhöhung des Molekulargewichtes unter sonst gleichen Umständen bathochrom. Die Gesetzmäßigkeiten sind so ausgeprägt, daß man die Spektralserien besonders bei magnetischer Zerlegung, wie Runge am Beispiel des Radiums gezeigt hat, geradezu zu Atomgewichtsbestimmungen benutzen kann. Also wie in der organischen Chemie die Farbe zur Aufklärung der Atomgruppierung oder Konstitution benutzt wird, so leistet sie auf anorganischem Gebiete ihren wesentlichsten Dienst bei der Bestimmung des Atomgewichtes, der wichtigsten

Charakteristik des einzelnen Atoms. Das bringt den vorher geschilderten Gegensatz beider Hauptteile der Chemie bezüglich des zur Diskussion stehenden Problems zum sinnfälligen Ausdruck.

Die Untersuchungen über die Farbe anorganischer Verbindungen sind naturgemäß nicht zu so scharf quantitativen Resultaten gekommen. Das wesentlichste ist wohl hier der von Carnelley aus einem umfangreichen Material abgeleitete Satz, daß, wie bei den freien Elementen, in binären Verbindungen der Elemente einer Vertikalreihe des periodischen Systems mit einem und demselben Element die Farbe an Tiefe mit dem Atomgewicht zunimmt. Lothar Meyer macht im Anschluß an Beobachtungen von Baylay und Carnelley darauf aufmerksam, daß bei zusammenfassender Betrachtung des periodischen Systems die Fähigkeit, gefärbte Verbindungen zu liefern, eine periodische Funktion des Atomgewichtes ist. Mit farblosen Säuren bilden nur die Oxyde der einem Minimum des Atomvolumens nahestehenden Metalle farbige Salze.

Die überwiegende Bedeutung, die der Natur des Metalles gegenüber seiner Bindungsweise hier zukommt, hat aber auch noch einen besonderen Grund. Gerade die wichtigsten anorganischen Verbindungen, die Basen, Säuren und Salze, sind in Lösung gar nicht im gewöhnlichen Sinne strukturell verknüpft, sondern elektrolytisch in ihre Ionen gespalten. Daher ist der Einfluß des Metalles auf die Farbe hier nicht nur ein überwiegender, sondern die Additivität der physikalischen Eigenschaften gespaltener Ionen macht es geradezu zu einer notwendigen Folgerung der Theorie, daß sich die Farbe der Verbindung einfach durch Addition der Absorptionen der beiden Ionen ergibt, daß sie also bei einer farblosen Säure ausschließlich vom Metalle abhängt. In konzentrierten Lösungen, in denen die elektrolytische Dissoziation keine vollständige ist, ist diese Forderung keineswegs erfüllt. Z. B. gibt es in konzentrierter Lösung blaue und grüngefärbte typische Kupfersalze bei gleicher Kupferkonzentration. Gehen wir aber zu genügender Verdünnung über, so ist, wie Ostwald an einer umfangreichen Reihe gefärbter Säuren und Basen gezeigt hat, die Forderung der Theorie in der Tat streng erfüllt. Wir können so den Satz aussprechen: Jedes Ion besitzt in verdünnter Lösung, sofern es nur als solches existiert, eine ihm eigentümliche Absorption, die von der Anwesenheit anderer Ionen vollständig unabhängig ist.

Dieser Satz bedingt freilich auch in völlig elektrolytisch dissoziierten Lösungen nur solange für das Metall eine Eigenfärbung, als das betreffende Element ein selbständiges Ion derselben Wertigkeitsstufe bildet. Das ist aber durchaus nicht stets der Fall. In den Salzen aller Sauerstoffsäuren macht das Metalloid erst zusammen mit Sauerstoff das Anion aus, und auch viele Metallverbindungen enthalten das Metall nur als Teil eines Ions. Das ist z. B. der Fall bei den so verschiedenartig gefärbten Salzen des dreiwertigen Chroms. Hier ist also die Farbe wieder durch konstitutive Einflüsse im Sinne der organischen Chemie bedingt; aber die genauere Aufklärung des Einflusses der Konstitution wird erschwert durch die verhältnismäßig unvollkommene Entwicklung der anorganischen Strukturlehre.

Wir haben bisher nur von der selektiven Absorption gesprochen, und diese ist es in der Tat, welche den Chemiker am meisten interessiert; denn bei ihr wird die besondere Natur der Atome und Atomgruppierung sich am deutlichsten äußern. Nun gibt es aber noch eine andere Art von Absorption, die durch die elektrische Leitfähigkeit bedingte, die sich nicht in dem Maße wie die vorher behandelte auf bestimmte Wellenlängen konzentriert. Der Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und Absorption ist eine notwendige Folgerung der elektromagnetischen Lichttheorie. Diese hat sich im Gebiete der ultraroten Wellen bei Metallen, wo die Eigenschwingungen keine Rolle mehr spielen, gerade in letzter Zeit in den Versuchen von Hagen und Rubens vollkommen bestätigt. Für derartige Fälle ist demnach die Frage nach dem Zusammenhang von Absorption und chemischer Beschaffenheit auf diejenige nach dem Zusammenhang von elektrischem Leitvermögen und chemischer Beschaffenheit zurückgeführt. Sofern die elektrische Leitfähigkeit der Metalle eine periodische Funktion des Atomgewichtes ist, die speziell bei den Schwermetallen in der ersten Gruppe des Systems, bei Kupfer, Silber, Gold, ihr Maximum erreicht, besteht auch für diesen Fall von Absorption ein Zusammenhang mit der chemischen Beschaffenheit der Körper. Freilich ein solcher von ganz anderer Art als der früher besprochene. Im Sinne der in der heutigen Optik herrschenden Vorstellung ist dieser Zusammenhang der folgende. Eine Lichtwelle entspricht an jedem Orte des Feldes einer Reihe von schnell veränderlichen, periodisch wechselnden elektrischen Impulsen. Unter ihrem Einflusse geraten kleine, in den Körpern enthaltene, elektrisch geladene Teilchen in Bewegung. Die einen, welche durch quasi-elastische Kräfte in ihre Gleichgewichtslage zurückgetrieben werden und demgemäß ihre bestimmten Eigenschwingungen haben, sprechen in einem verhältnismäßig engen Bereich von Wellenlängen zu beiden Seiten der Eigenschwingung mit merklicher Reibung an.

Die anderen sind frei verschiebbar; sie geraten auch durch periodisch wechselnde Kräfte von sehr langsamer Periode, durch gewöhnlichen elektrischen Gleich- oder Wechselstrom, in stark reibende Bewegungen, und ihre Wirkung tritt im allgemeinen um so mehr hervor, je langsamer die Schwingung ist.

Diese in der heutigen Lehre vom Licht herrschenden Anschauungen involvieren nun aber einen Zusammenhang zwischen der Absorption und den übrigen Erscheinungen der Optik wägbarer Körper, wie Dispersion des Brechungsexponenten, natürlicher und magnetischer Rotationspolarisation. Denn alle diese sind als Teilerscheinungen der geschilderten Elektronenbewegung aufzufassen. Bei der zentralen Bedeutung, die innerhalb der Theorie der Eigenschwingung, resp. der Absorption zukommt, hat man sich insbesondere und zwar mit Erfolg bemüht, die anderen Erscheinungen aus dieser herzuleiten. Von diesem physikalischen Standpunkt aus werden die bekannten additiven Landolt-Brühlschen Gesetzmäßigkeiten für die Molekularrefraktion farbloser Körper abgeglichen werden müssen gegen die Erfahrungen, die man im Ultraviolett resp. im Ultrarot bezüglich des Zusammenhanges von Absorption und Konstitution gemacht hat. Das gleiche gilt von der natürlichen Drehung der Polarisationsebene.

Dies würde darauf hinauskommen, die Beziehungen aller optischen Eigenschaften der Körper zu ihrer Zusammensetzung auf Beziehungen zwischen Lichtabsorption und chemischer Beschaffenheit zurückzuführen. Ein solches Verfahren entspräche auch der Ökonomie der Wissenschaft; denn es erscheint nicht zweckmäßig, bei einer Mehrheit physikalischer Erscheinungen, die einen physikalischen Zusammenhang besitzen, für jede einzelne stöchiometrische Gesetze aufzusuchen: vielmehr empfiehlt es sich, den Komplex von Phänomenen zunächst auf ihren einfachsten Ausdruck zu bringen und nur für diejenige physikalische Größe konstitutive Beziehungen aufzustellen, die primären Charakter besitzt. So stellt sich die Frage nach dem Zusammenhang von Farbe und Konstitution, die zunächst nur als ein kleiner Teil der chemischen Optik erscheint, recht eigentlich als das Zentrum dieses Gebietes dar.

Nun sind aber die optischen Erscheinungen der Körper durch die Eigenschaften der Elektronen bedingt, und man wird daher von ihnen speziell Aufschlüsse über die Beschaffenheit dieser kleinsten Teilchen des raumerfüllenden Mittels erwarten dürfen. Es hat sich denn in der Tat z. B. aus dem Zeeman-Effekt die Masse des negativen Elektrons in guter Übereinstimmung mit anderen Daten ergeben. Sofern die Elektronen für das Gesamtverhalten des Moleküls von wesentlicher Bedeutung sind und mit den wägbaren Atomen in innigster, vielleicht subatomarer Bindung stehen, gestattet das Studium der optischen Erscheinungen, insbesondere der Absorption, einen weitgehenden Einblick in die letzte Struktur der Materie.

(Eingegangen 12. April 1905.)

BERICHTE ÜBER WISSENSCHAFTLICHE VERSAMMLUNGEN.

Vom Röntgenkongreß.

Vom 30. April bis zum 3. Mai tagte in Berlin der „Erste internationale Röntgenkongreß, veranstaltet von der Röntgen-Vereinigung zu Berlin, E. V." Aus der Fülle der gehaltenen Vorträge und Arbeiten des Kongresses sowie der Mitteilungen der Aussteller soll im folgenden dasjenige erwähnt werden, was speziell für den Physiker von besonderem Interesse sein dürfte.

Friedrich Dessauer (Aschaffenburg): Ziele der Röntgen-Technik. (Autoreferat.)

Die praktische Anwendung des Verfahrens in Diagnose und Therapie verursacht einen Dualismus in den technischen Grundlagen, der sich in Zukunft noch viel mehr wie bis jetzt geltend machen wird. Der Zusammenhang zwischen dem Bilde, aus welchem die Diagnose gestellt wird, und den bildgebenden Eigenschaften der X-Strahlen zeigt, daß in der menschlichen Medizin die diagnostische Anwendung des Röntgenverfahrens als eine Methode der Differenzierung von Dichtigkeitsunterschieden definiert werden kann. Hierdurch ist das Wesen, die Grenze und das Ziel der diagnostischen Anwendung gegeben. Das Ziel der Röntgentechnik ist die Ermöglichung immer feinerer Differenzierung. Vortragender zeigt, wie die wichtigsten Arbeiten der Neuzeit unter diesem Gesichtspunkte aufgefaßt werden können und sich damit ihr Wert oder Unwert dartun läßt. Die Feinheit der Bildgabe (Graduation, Detailreichtum der Platten) hängt sehr wesentlich ab von der Zusammensetzung der Strahlung einer Röhre. Diese ist nicht homogen, umfaßt vielmehr Strahlen verschiedener Penetration und verschiedener chemischer Fähigkeiten. Je komplexer die Strahlung einer Röhre ist, desto feinere Abstufungen zeigt die Platte, desto mehr

Details gibt sie, desto besser ist die Differenzierung von Dichtigkeitsunterschieden. Diese Zusammensetzung des Strahlencharakters hängt nun sehr wesentlich ab von der Entladungskurve des Induktoriums. Je rascher die Entladung ihren Wert ändert, insbesondere je plötzlicher sie abklingt, desto komplexer ist die Strahlung, desto detailreicher das Bild, desto feiner differenziert sind die Dichtigkeitsunterschiede.

Dagegen hat die Aufgabe, welche die therapeutische Anwendung stellt, mit Bilddarstellung und Differenzierung von Dichtigkeitsunterschieden gar nichts zu tun. Im Gegenteil, der Verfasser hat durch eine Reihe von Arbeiten (veröffentlicht in der „Med. Klinik", Berlin, unter dem Titel „Grundlagen der Bestrahlung tiefliegender Prozesse") nachgewiesen, daß eine möglichst große Homogenität der Strahlen von Wichtigkeit ist. Deshalb arbeiten wir darauf hin, möglichst flache Entladungskurven der Röhre zuzuführen, wodurch eine sehr viel homogenere Strahlung erzeugt wird. Die Wichtigkeit dieser Aufgabe ergibt sich auch aus der Dosierungsfrage. — Bei Durchgang flacher, gleichgerichteter, hochgespannter Entladungen, wie sie z. B. durch Transformation von Wechselstrom unter sekundärer Ausschaltung der entgegengerichteten Phasen gewonnen wird, bilden sich Strahlungen aus, deren Charakter viel weniger abhängig ist von dem Zustand der Röhre, die relativ sehr penetrant sind und sehr viel homogener erscheinen, als die durch das Induktorium erzeugten. Sie sind daher weniger für diagnostische Anwendung, wohl aber in Zukunft für therapeutische Anwendung geeignet.

Vortragender glaubt daher, daß schon in absehbarer Zukunft im Bau der therapeutischen Apparate eine große Umwälzung bevorsteht.

Gocht (Halle a. S.): Röntgenröhrenuntersuchungen mit der Lochkamera (Originalvortrag).

Die Lochkamera ist ein Apparat, mit Hilfe dessen man sich ein genaues Abbild des Brennfleckes der Antikathode und aller der Teile der Röntgenröhre verschaffen kann, die sich an der Erzeugung von Röntgenstrahlen beteiligen.

Die Lochkamera besteht aus einer allseitig fest geschlossenen metallenen Kamera, so daß in dieselbe Röntgenstrahlen nirgends eintreten können, außer durch ein kleines rundes Loch, dessen Weite im Durchmesser $^1/_2$ bis $^3/_4$ mm beträgt.

Meine Lochkamera ist nun aus rein praktischen Gründen folgendermaßen gebaut und eingerichtet:

Die Kamera ist aus 3 mm starkem Eisenblech hergestellt; die senkrechte Höhe beträgt 80 cm, die Breite 36 cm, die Tiefe 32 cm. Der obere Boden hat in seiner Mitte einen runden Ausschnitt, auf welchen Diaphragmen verschiedener Größe röntgenlichtdicht aufgeschoben werden können. Die vordere Wand der Kamera ist nach außen aufklappbar. Die Scharniere und der Verschluß sind so eingelegt und so eingerichtet, daß ein bequemes Öffnen und ein bequemer röntgenlichtdichter Abschluß der ganzen Kamera gewährleistet ist.

An der hinteren Außenwand ist ein senkrechter Arm angebracht, der den nach allen Richtungen verschiebbaren Halter trägt zum Festhalten der Röhre in jeder gewünschten Stellung und Entfernung.

Im Innern der Kamera befindet sich ein viereckiger Holztisch zur Aufnahme der Platte. Dieser Holztisch kann mittels einer kräftigen, langen Schraube, die den Kameraboden durchsetzt und in einem Drehhandrad endet, vom Boden bis zum Deckel hoch oder abwärts geschraubt werden.

Der Vorgang einer Lochkameraaufnahme ist der:

Auf dem Röhrenhalter liegt eine Röhre. Das Antikathodenblech ist in einer gewünschten Stellung zur Tischplatte in der Kamera gerichtet. Die Entfernung zwischen Antikathodenblech und Blendenloch wird genau gleichgenommen der Entfernung zwischen Blendenloch und Plattenoberfläche. Es entsteht dann auf der photographischen Platte oder auf einem an ihrer Stelle liegenden Leuchtschirm eine genaue Abbildung des Brennfleckes des Antikathodenspiegels.

Durch Probieren hat sich mir die Wahl eines Blendenloches von $^3/_4$ mm als das praktischste erwiesen. Die Expositionszeiten habe ich meist auf 2 Minuten ausgedehnt, und zwar wurde bei allen Aufnahmen der Wehnelt-Unterbrecher benutzt. Es wurden stets Schleußnerplatten verwandt, die in doppeltes schwarzes Papier eingehüllt waren. Es wurde stets dafür Sorge getragen, daß jegliche, auch die geringste Erschütterung von Röhre und Platte vermieden war.

Durch eine derartige Lochkamera kann man, soweit meine bisherigen Versuche (die ersten wurden bereits 1897 gemacht) reichen, verschiedene bedeutsame Anhaltspunkte für die Güte der Röntgenröhren und für die richtige Stellung des Antikathodenbleches bei Röntgenaufnahmen gewinnen. Man kann noch vieles mehr bestimmen, doch würden diese Untersuchungen zu weit in Einzelheiten führen und den Rahmen eines gedrängten Vortrages überschreiten.

Führen wir nun in der kurz skizzierten Weise eine Lochkameraaufnahme aus, so zeigt uns die photographische Platte, nachdem sie jedesmal in frischem Entwickler gut durchentwickelt ist, wie schon anfangs betont, ein ge-

naues Abbild des kleinen Abschnittes des Antikathodenbleches, welches Röntgenstrahlen aussendet, also der Röntgenlichtquelle bei unseren Röntgenaufnahmen. Und ich will hier gleich vorweg nehmen, daß es mir bei meinen diesbezüglichen Aufnahmen nie gelungen ist, außer dem Brennfleck und seiner Umgebung noch irgend andere Röhrenteile zur Darstellung zu bringen. Ich bemerke dies ausdrücklich, da bei früheren Versuchen mit der Lochkamera fast stets noch andere Teile der Röntgenröhre, z. B. Metallteile, die kugeligen Teile etc. mitphotographiert wurden. Damals waren die Röhren noch nicht so vollkommen; während bei den heutigen guten Röhren alle die fehlerhaften Quellen im Verhältnis zum Brennfleck so minimal sind, daß sie nicht mit auf der photographischen Platte zur Abbildung kommen. Dieser Punkt ist wichtig bei der Beurteilung der heutigen Röhren. Wir können bei unseren Aufnahmen nur mit dem Brennfleck des Antikathodenbleches als Lichtquelle rechnen und brauchen die unangenehme Emission von Röntgenstrahlen von anderen Röhrenteilen her nicht mehr zu fürchten.

Damit kehre ich zu unseren Aufnahmen des Brennfleckes selbst zurück.

Auf der fertig entwickelten Platte zeigt sich im allgemeinen

1. ein besonders im Zentrum intensiv geschwärzter Fleck;

2. eine weitere geringere nach der Peripherie sich aufhellende Schwärzung, die ich Protuberanzenschwärzung nennen möchte.

Alle Röhren sind, wie bekannt, derart gebaut, daß die von dem Kathodenhohlspiegel kommenden konvergierenden Kathodenstrahlen auffallen auf eine polierte Platinfläche (Antikathode), welche in einem Winkel von 45° gegen den Kathodenhohlspiegel geneigt ist. Die Kathodenstrahlen prallen also auf eine schräge Fläche und gleiten gewissermaßen an der schrägen Platinfläche nach abwärts. Es spielt sich dieser Vorgang derart ab, als ob man einen feinen Wasserstrahl gegen eine ca. 45° abwärts geneigte Fläche richtet. Auch hier gleitet das Wasser der Neigung der Fläche entsprechend ab. Wir würden keinen runden Wasserfleck erhalten, sondern einen in der Richtung des Wasserstrahls etwas lang-oval ausgezogenen Fleck. Genau so bei den Kathodenstrahlen. An der Stelle, wo die Kathodenstrahlen auftreffen, also nahe dem Hohlspiegel, ist der Brennfleck schön rund und ziemlich scharf umgrenzt, auf dem Platinspiegel abwärts, also mehr entfernt von dem Hohlspiegel, hellt sich der Fleck mehr und mehr auf, es schließt sich, wie aus diesem Bild 1 ersichtlich, eine Protuberanzenschwärzung an, die in einem Oval die weiter entfernt liegende Hälfte des eigentlichen Brennfleckes umgibt. Ich bin also tatsächlich imstande, im Hinblick auf diese Protuberanzenschwärzung jeder Lochkameraaufnahme sofort anzusehen, wie die betreffende Platte bei der Aufnahme zur Röhrenlängsrichtung, resp. zum Verlaufe der Kathodenstrahlen gelegen hat.

Welcher Effekt tritt nun ein, wenn ich die Röhre derart stelle, daß einmal das Platinblech in einer zur Platte parallelen Ebene steht, und daß das andere Mal die Antikathodenebene die Plattenebene fast rechtwinkelig schneidet?

Darüber gibt Ihnen eine einfache Überlegung Aufschluß, und ebenso ein Blick auf diese beiden Bilder. (Fig. 1 und 2.) Das erste Mal ist der Platte oder dem betrachtenden Auge die Antikathodenfläche voll zugewandt, wir sehen den Brennfleck in seiner ganzen lang-oval ausgezogenen Größe, das zweite Mal bei sehr steiler Stellung sehen wir den Fleck in einer großen Verkürzung, er ist quer-oval gestaltet.

Mache ich drittens eine Aufnahme so, daß die Röhre parallel zur Plattenebene eingestellt ist, daß also die Antikathode die Plattenebene unter einem Winkel von 45° schneidet, so erscheint der Brennfleck mehr rund, aber jedesmal noch etwas oval ausgezogen. (Fig. 3.)

Unter sonst gleichen Bedingungen muß zweifellos der kleinere Brennfleck ein besser gezeichnetes Röntgenbild erzeugen, ebenso muß ein mehr runder Brennfleck geeigneter sein für Röntgenaufnahmen als ein lang-oval ausgezogener.

Dieses Resultat, welches uns die Betrach-

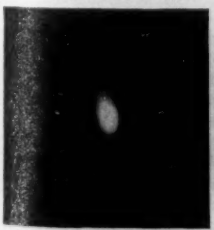


Fig. 1.

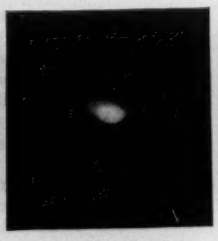


Fig. 2.

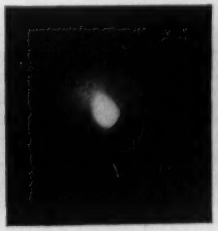


Fig. 3.

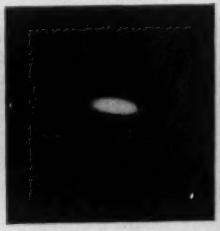


Fig. 4.

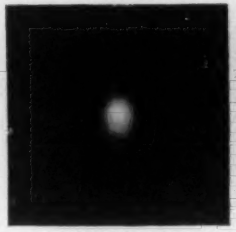


Fig. 5.

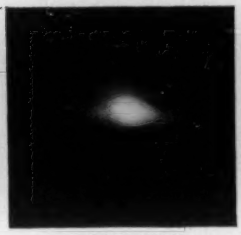


Fig. 6.

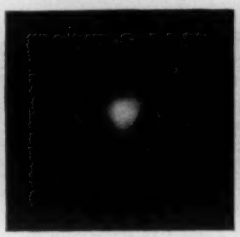


Fig. 7.

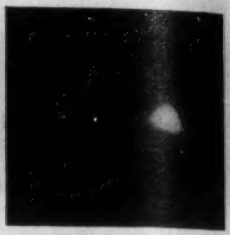


Fig. 8.

tung entsprechender Lochkamera-Aufnahmen verzeichnet, entspricht nun durchaus meinen 9jährigen Erfahrungen bei der praktischen Tätigkeit, und es ergibt sich aus meinen weiteren sehr zahlreichen diesbezüglichen Lochkamera-Aufnahmen, daß die günstigste Stellung der Röntgenröhre diejenige ist, bei welcher der Platinspiegel und die Plattenebene etwa einen Winkel von 65° bilden. Und allgemeiner gesprochen, würde ich sagen: Es ist besser, die Antikathode recht steil zu stellen, allerdings darf das Steilstellen nur so weit getrieben werden, daß noch alle Teile der betreffenden Platte wirklich belichtet werden.

Dieselben Verhältnisse im Extrem zeigen Ihnen auch die Bilder 4 und 5. Auf dem Bilde 5 ist bei Parallelstellung ein lang-ovaler Brennfleck abgebildet, auf dem Bild 4 bei übertriebenster Steilstellung ein ganz quer-ovaler, schmaler Brennfleck.

Ein genauer Vergleich der drei ersten Bilder und der zwei anderen ergibt aber noch etwas anderes.

Die drei ersten Bilder weisen eine weit umfangreichere Protuberanzenzone auf, als die beiden anderen. Das ist nichts Zufälliges, sondern hängt mit dem Zustand der Röhre und ihrer Belastung zusammen.

Die drei ersten Bilder stammen von einer Röhre, die etwas härter war und zum normalen Funktionieren der mittelweichen Schaltung nach Walter bedurfte. Von derselben Röhre stammt noch ein weiteres Bild; dasselbe ist ebenfalls bei mittelweicher Schaltung hergestellt, aber die Röhre war härter bei den ersten drei Aufnahmen und mußte bei der Aufnahme sehr stark belastet werden.

Der Effekt für den Brennfleck ist bei diesen unrichtigen Manipulationen deutlich sichtbar. Obwohl sich Spiegel und Platte in der an sich günstigen Stellung eines Winkels von 65° zueinander befanden, ist der Brennfleck bei der Aufnahme 6 ums Doppelte gewachsen.

Die Protuberanzenzone umgibt den Brennfleck nach allen Seiten, besonders stark zu beiden Seiten und nach der Weitseite des Antikathodenspiegels.

Wir sehen also an dieser Aufnahme, und ich könnte noch viele ähnliche zeigen:

Bei der hart gewordenen Röhre und bei notwendig gewordener starker Belastung wächst der Brennfleck und die Protuberanzenzone ganz enorm. Neben der hohen Durchdringungskraft solcher harten Röhren wird also auch der viel zu groß gewordene Brennfleck in sehr erhöhtem Maße dazu beitragen, daß die Röntgenplatten keine wohl differenzierte und scharfe Zeichnung aufweisen.

Außerordentlich interessant ist eine weitere Reihe von Parallelaufnahmen, die mit einer Röhre hergestellt sind, bei der man die Kathode der Antikathode nahe bringen oder von ihr abrücken könnte. Man soll dadurch einmal mit weichem, das andere Mal mit hartem Lichte arbeiten.

Ich zeige Ihnen zuerst das Bild Nr. 7. Bei dieser Aufnahme stand ebenso wie bei Nr. 8, 9 und 10 der Platinspiegel stets in einem Winkel von 45° geneigt. Die verschiebbare Kathode war der Antikathode ganz nahe gerückt. Die Röhre sprach bei weicher Schaltung gut an. Die Differenzierung auf dem Lichtschirm war sehr ausgesprochen. Die Lochkamera-Aufnahme Nr. 7 weist einen mehr dreieckigen Brennfleck auf mit abgerundeten Kanten und Ecken; von den letzteren gehen besondere Protuberanzen aus. Der Brennfleck ist recht groß. Dementsprechend war auch die Zeichnung bei Knochenstrukturbildern nicht scharf genug.

Ein ganz anderer Effekt zeigte sich, wenn ich die Kathode möglichst weit von der Antikathode entfernte; nun mußte ich, um die Röhre richtig zu belasten, die mittelweiche Schaltung zur Anwendung bringen. Bild 8 zeigt Ihnen, daß der eigentliche Brennfleck kleiner geworden ist, desgleichen die Protuberanzen. Die Bildzeichnung war nun eine ganz tadellose.

Aus diesen Versuchen ergibt sich übrigens, wieder ein Beweis für die Brauchbarkeit der Lochkamera-Aufnahmen zur Röhrenbeurteilung, und ein Beweis für die Übereinstimmung von Theorie und Praxis, daß solche Röhren mit verschiebbarer Antikathode für röntgenogra-

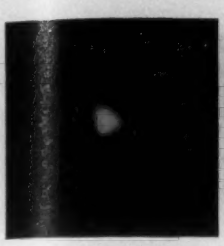


Fig. 9.

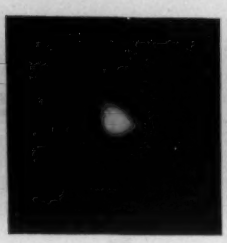


Fig. 10.

Fig. 11.

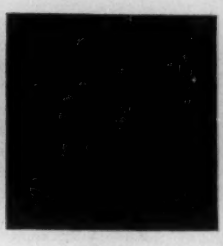


Fig. 12.

phische Zwecke, wenn man Wert legt auf scharfe Zeichnung, nicht empfohlen werden dürfen.

Die beiden folgenden Aufnahmen Nr. 9 und 10 sind mit derselben Röhre hergestellt, nur war bei den Aufnahmen eine Drosselröhre zwischen den Anoden der Röhre und des Induktors in richtiger Weise aufgehängt (7 Amp. 60 Volt). Der Einfluß derselben dokumentiert sich sofort darin, daß der Brennfleck auf Bild 9 kleiner geworden ist, desgleichen auf Bild 10, obgleich hier die Lochgröße der Kamera sogar 1 mm betrug. Außerdem ist bei den beiden Aufnahmen mit der Drosselröhre die Protuberanzenzone gemildert.

Hiernach möchte ich Ihnen das Bild Nr. 11 demonstrieren, zum Zeichen dafür, wie genau uns mit der Lochkamera ein Abbild des leuchtenden Flecks gegeben wird. Die Röhre ist seit 4 Jahren in Gebrauch und hat manch gutes Bild geliefert, seit langer Zeit ist aber ein tiefes Loch an der einen Stelle in die Antikathode eingebrannt. Die Röhre wurde zuerst weich gemacht, darnach mit weicher Schaltung behandelt. Sie gibt so noch heute ganz besonders schöne Bilder. Die Lochkamera-Aufnahme bei einem Winkel von 65° zwischen Antikathode und Platte ergibt nun einen leicht querovalen Brennfleck und zeigt entsprechend der tiefeingebrannten Partie im Platinblech, welche keine Röntgenstrahlen mehr aussendet, auf der Kopie einen schwarzen Fleck.

Auch die Abbildung 12 dürfte Ihnen ein Beweis für die subtile Zeichnung der Lochkamera sein. Ich habe mir zu weitergehenden anderen Versuchen Röhren anfertigen lassen, bei denen die Antikathode nicht aus einem Planspiegel bestand, sondern aus einem stark gekrümmten Konvexspiegel. Bei dieser Aufnahme habe ich die Kugel-Antikathode so zur Platte gerichtet, daß nur noch die nach unten ableitende Protuberanzenzone von der photographischen Platte gesehen wurde, während der eigentliche Brennfleck gar nicht nach unten sah. Auf der Abbildung sehen Sie dementsprechend nicht wie sonst einen mehr oder minder geschwärzten Fleck, sondern eine leicht mondsichelförmige Abbildung der von unten nach oben sichtbar gebliebenen Protuberanzenteile.

Zum Schlusse zeige ich Ihnen noch zwei Bilder Nr. 13—14, welche von derselben Röhre mit Konvexspiegel stammen. Bei der Aufnahme 13 hat die Halbkugelantikathode der Platte voll zugewandt gestanden.

Der Brennfleck zeichnet sich dadurch aus, daß er sehr klein ist, und daß die Protuberanzenzone eine minimale ist.

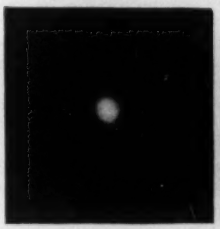


Fig. 13.

Fig. 14.

Bei der Aufnahme 14 war die Halbkugelantikathode der Platte halb zugewandt (im Winkel von 40°). Hier ist der Brennfleck noch kleiner. Die röntgenographischen Aufnahmen waren mit dieser Antikathode sehr scharf gezeichnet, doch sind die Versuche damit noch nicht abgeschlossen.

Einige Resultate meiner Untersuchungen fasse ich dahin zusammen:

1. Die Lochkamera-Aufnahmen sind vortrefflich geeignet, von der Güte der Röntgenröhre ein Abbild zu geben.

2. Unter sonst gleichen Bedingungen ist zu empfehlen, bei Röntgenaufnahmen den Platinspiegel mit der Plattenebene einen Winkel von 65° bilden zu lassen.

3. Eine Röhre gibt unschärfere Bilder, wenn sie zu hart ist und demgemäß sehr stark belastet werden muß.

4. Röhren mit verschiebbarer Kathode sind nicht zu empfehlen, da sie nur bei einer Einstellung ein Optimum des Brennfleckes und scharfer Bildzeichnung aufweisen.

5. Der günstige Einfluß der richtig einge-

schalteten Drosselröhre wird bei der Lochkamera-Aufnahme verdeutlicht; der Brennfleck wird unter sonst gleichen Verhältnissen kleiner.

6. Halbkugelige Antikathoden scheinen zu röntgenographischen Zwecken vorteilhaft zu sein.

E. Grunmach (Berlin): Über neue Apparate zur Röntgenforschung. (Originalmitteilung aus dem Universitätsinstitut für Untersuchungen mit Röntgenstrahlen; Direktor: Prof. Dr. E. Grunmach.)

Die von dem Vortragenden vorgeführte Röntgenröhre ist ausgestattet mit einer kanalförmigen Doppelblende aus Bleiglas oder anderem undurchlässigem Material vor der Antikathode, welche nur einem Strahlenkegel von der Größe etwa eines Markstückes den Durchtritt gestattet. Die Röhre ist ferner ausgezeichnet durch ein regulierbares Vakuum und durch eine kühlbare Antikathode. Die Kühlung erfolgt entweder durch zirkulierendes Wasser oder durch präparierten Metallstaub und gestattet einen Dauerbetrieb der Röhre.

Die Kugel hat den Vorzug, daß sie im Gegensatz zu den üblichen Vakuumröhren aus natronhaltigem Glas, größtenteils aus kalihaltigem Glas besteht, welches tief dunkelblau fluoresziert. Diese Farbe ist für das beobachtende Auge viel angenehmer und präsentiert auch die Kontraste im Röntgenbilde viel schärfer.

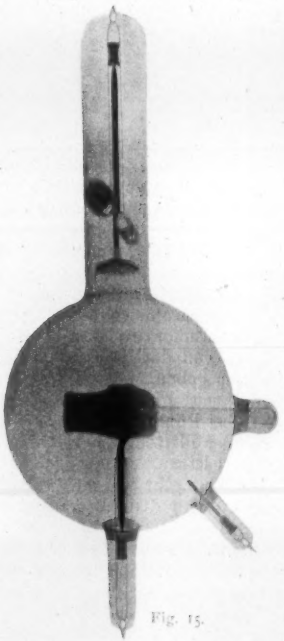


Fig. 15.

Fig. 16.

Da aber der Fokus auf der Antikathode selbst von dem größten Glaskünstler nicht mathematisch genau zentral gelegt werden kann (dies ist nämlich abhängig von einem exakt gearbeiteten Kugelabschnitt der Kathode), so ist zur Vermeidung falsch zeichnender Fokusstrahlen ein Präzisionsapparat zur exakten Einstellung des Fokus für die Röntgenuntersuchung erforderlich. Handelt es sich um Untersuchung bei horizontaler Lage der Versuchsperson, so kann einfach durch Anwendung des Lotes der Fokus eingestellt werden. Sollen jedoch Körperteile in jeder beliebigen Körperlage — z. B. der Brustkasten bei aufrechter Körperhaltung und horizontalem Strahlengange — untersucht werden, so ist zu einer genauen Fokuseinstellung der Präzisionsapparat erforderlich. Dieser Apparat ist vom Vortragenden konstruiert und mit Erfolg in der Röntgendiagnostik, besonders in der inneren Medizin, verwertet worden.

Der Präzisionsapparat besteht aus einem festen Stativ, welches eine Stahlstange trägt, die durch Trieb in der Höhe verschoben werden kann. An dieser Stange befindet sich vorn eine trichterförmige Blende, welche an ihrem Ein- und Ausgange mit zwei sich deckenden Kreuzen aus Bleidraht versehen ist. Hinter dieser Blende ist durch Zahntrieb und Schraube ohne Ende der Röhrenhalter verschiebbar. Trieb und Schraube ohne Ende gestatten, die Röhre nach den verschiedensten Richtungen hin zu verschieben, insbesondere um die Querachse des Kathodenrohres. Erst nach genauer Einstellung des Fokus, kenntlich durch Deckung der Drahtkreuze auf dem Fluoreszenzschirme,

beginnt nach Ausschaltung der Kreuze (durch Einklappen) und nach Einschaltung einer Blende am Trichtereingange die eigentliche Aktinoskopie und Aktinographie der Körperteile.

Diskussion: Gocht (Halle) erwähnt, daß die innere Blende von einer ganzen Anzahl Röntgenologen unabhängig voneinander erfunden und als neu beschrieben sei.

Albers-Schönberg (Hamburg) macht eine Prioritätsbemerkung, die Bleiglasblende betreffend. Es folgt eine Prioritätsbemerkung von Dessauer (Aschaffenburg). Zu Gochts Bemerkung erwähnt Levy (Berlin), daß er 1897 ein Patent auf eine Blende innerhalb und außerhalb der Röhre angemeldet habe; der letztere Anspruch sei auf Grund eines derzeit schon vorliegenden amerikanischen Patentes zurückgewiesen worden. Holzknecht (Wien) begrüßt freudig die durch die Verwendung des Bleikaliumglases von Grunmach erzielte Blaufärbung der Fluoreszenz. Robinsohn (Wien) zieht der von Grunmach angewandten Methode zur Einstellung folgende von ihm angegebene vor: Ein Bleikasten mit Blende trägt einen um seine Mittelachse drehbaren Deckel. Auf der einen Fläche des Deckels befindet sich die Röntgenröhre, auf der andern eine gewöhnliche, fokussierte Lichtquelle — z. B. zweckmäßig eine Glühlampe niedriger Spannung —, die mit der Antikathode genau konjugiert liegen muß. Es wird zunächst mit dieser Lichtquelle eingestellt, dann durch Umlegen des Deckels die Antikathode an die Stelle derselben gebracht. Der Vorteil dieser Anordnung besteht darin, daß bei der Einstellung die für den Patienten und den Arzt störenden Wirkungen der Röntgenstrahlen vermieden werden. In seinem Schlußworte erklärt Grunmach, daß er an dem Robinsohnschen Apparate die schwierige Konjugierung der beiden Strahlungsquellen für störend halte. Bezüglich der Prioritätsbemerkungen, besonders Dessauers, verwahrt sich Redner gegen den Verdacht, die Rechte anderer verletzen zu wollen. Zwischen seiner Anordnung und derjenigen Dessauers bestehe ein wesentlicher Unterschied: während nämlich Dessauer das Blendenrohr zwischen Kathode und Antikathode angebracht habe, verwende Vortragender ein solches vor der Antikathode unter einem Winkel von 45° zur Ebene der Antikathode.

Wichmann (Hamburg): Demonstration einer Röntgenröhre für Therapie (Autoreferat).

Der Vortragende demonstriert und bespricht eine von ihm konstruierte Röntgenröhre, welche nur die zur Nutzanwendung kommenden Röntgenstrahlen nach außen treten läßt, im übrigen aber einen sicheren Schutz gegen Röntgenschädigungen für Patient und Arzt bietet. Mittels eines an die Röhre unmittelbar ansetzbaren Tubensystems ist es möglich, die heilsame Wirkung der Röntgenstrahlung auch auf tiefer gelegene Leiden (Gebärmutterkrebs, Lupus der Nasenschleimhaut, Fisteln etc. etc.) direkt zur Anwendung zu bringen. Für photographische Zwecke sind die Tuben als Blenden zu benutzen. In jedem Falle wird, ohne daß eine besondere Einstellung nötig wäre, die ergiebigste Strahlung der Röhre ausgenutzt, andererseits erscheint die Gefahr einer Röntgenschädigung völlig beseitigt.

R. Burger & Co. (Berlin): Röntgenröhre mit Wasserkühlung. D. R.-P. 129974. (Originalmitteilung aus der Ausstellung.)

Bekanntlich erhitzen sich die Antikathoden der Röntgenröhren bei Starkstrombetrieb sehr stark, so daß dieselben oft bis zur Weißglut gelangen. Diesem Übelstande wird nun durch vorliegende Konstruktion in einfacher und zuverlässiger Weise abgeholfen. Die Antikathode ist zu einem weiten Platinrohr ausgestaltet, welches mit der Antikathodenfläche in inniger Berührung steht. Zum Zwecke der Kühlung bei solchen Röntgenröhren wird Wasser in das Aufnahme-Glasgefäß eingeführt. Dieses Wasser tritt mit der Antikathode in eine solch gute Verbindung, daß ein Glühendwerden der Antikathode selbst beim stärksten Stromgebrauch, wie ihn z. B. Wehnelt-Unterbrecher verlangen, gänzlich vermieden wird. Zur Vergrößerung der Antikathode ist ferner an derselben ein Schirm befestigt, welcher eine scharfe Abgrenzung der Strahlen hervorruft. Um den Effekt der Kühlung zu erhöhen, ist bei dieser Röntgenröhre eine Metallröhre, bestehend aus gut wärmeleitendem Material, z. B. Kupfer, in dieser Antikathode befestigt, welche die entwickelte Wärme aufnimmt und an die Kühlflüssigkeit abgibt. Dieses Kupferrohr bietet eine Gewähr dafür, daß das Sieden des Wassers nicht stoßweise geschieht und so event. durch entwickelte Luftblasen im Wasser entstandene Hohlräume vermieden werden. Gleichzeitig sind diese Röntgenröhren mit einer automatischen Regulierung ausgestattet, welche die Lebensdauer derselben nach Belieben verlängern kann. Durch diese automatische Vakuumregulierung kann ein beliebiger Härtegrad eingestellt werden, indem durch übergeleiteten Induktionsstrom nach der in der kleinen Nebenröhre enthaltenen Hilfskathode eine bestimmte Menge Gas abgeschieden wird, welches den Härtegrad der Röntgenröhre herabsetzt und die event. gewünschten weichen Strahlen zur Erscheinung gelangen läßt.

Um nun aus dem niedrigen Vakuum ein höheres, d. h. härtere Strahlen zu erzeugen, wird einfach die kleine ebenfalls in der Nebenröhre befindliche Platinspirale mit der positiven

Stromleitung in Verbindung gebracht. Dieser Induktionsstrom wird ca. 3 bis 5 Minuten lang in diese Platinspirale hineingeschickt und durch Zerstäubung des Platins Gas gebunden, wodurch ein höheres Vakuum eintritt und härtere Strahlen entstehen.

Heinz Bauer (Berlin): Über den konstruktiven Ausbau von Röntgenröhren. (Originalvortrag.)

M. H.! Wenn Nutzeffekt, Betriebssicherheit und Lebensdauer objektive Wertmesser für ein technisches Instrument sind, so ist die Röntgenröhre unverkennbar der mangelhaftesten eines.

Ihr Kardinalfehler, der sie häufig nach wenigen Durchleuchtungen einem Ende zuführt, ist die progressive Absorption des Gasgehaltes der Röhre unter dem Einfluß der Entladung. Das Korrektiv, das man in einem Zuführen neuer Gase gefunden hat, schiebt wohl das definitive Ende etwas hinaus, vermag dem Vorgang an sich aber nichts anzuhaben. Der Verlauf der Strahlung beschreibt nunmehr eine Zickzacklinie zwischen Intensitätsminimis und -maximis mit einem schrägen Anstieg, dem Hartwerden, und einem jähen Abfall, der Regenerierung. Das Hartwerden ist in der Hauptsache die Folge einer Zerstäubung des Antikathodenmetalls; die losgerissenen Partikelchen binden die noch vorhandenen Gasreste und evakuieren so die Röhre. Fortlassen läßt sich das Platinblech im Brennpunkt der Kathode nicht, wenigstens nicht ohne den Nutzeffekt der Röhre empfindlich herabzusetzen, auch nicht durch ein nicht zerstäubendes Metall ersetzen, da die beiden einzigen nicht zerstäubenden Metalle, Aluminium und Magnesium, Temperaturgraden, wie sie im Kathodenfokus entstehen, nicht gewachsen sind.

Bekanntlich ist die Antikathode durch ihre Verbindung mit der Anode, wenigstens, wie sie allgemein getroffen ist, direkt zur eigentlichen Anode gemacht. Daß wir in dieser anodischen Verbindung die unmittelbare Quelle der Zerstäubung zu suchen haben, ergibt sich ohne weiteres daraus, daß Röhren, an denen sie fehlt, das heißt also, bei denen die Antikathode frei endigt, sich hinsichtlich ihrer Strahlungsintensität ungleich konstanter erweisen. Unmittelbaren Einfluß auf die Entstehung der Röntgenstrahlen hat das Fehlen der anodischen Verbindung nicht, nur wird die Antikathode durch die Strahlung der Kathode negativ geladen, und infolge der elektrostatischen Beeinflussung kommt es zu einem Wandern des Brennpunktes, was sich naturgemäß in einer störenden Unschärfe sichtbar äußert. Für Aufnahme- und Durchleuchtungszwecke ist solche Röhre daher ungeeignet, doch möchte ich sie für die Therapie als vorteilhaft empfehlen.

Für das Hauptanwendungsgebiet der Röhre ist man also auf die anodische Verbindung angewiesen. Es bietet sich jedoch ein Weg, trotz dieser zu vermeiden, daß die Antikathode direkt zur Anode wird: in der Verwendung einer Drosselspule als Verbindungsleitung zwischen Anode und Antikathode. Eine Drosselspule besteht bekanntlich aus einem Eisenkern und einer Wickelung. Infolge ihrer großen Selbstinduktion besitzt sie einmal einen hohen „scheinbaren" Widerstand, und außerdem hat ihre Anwendung eine Phasenverschiebung zur Folge, zwei Umstände, die es möglich erscheinen ließen, daß die Entladung in der Hauptsache auf die Anode und Kathode beschränkt bleibt und trotzdem der statischen Ladung der Antikathode Gelegenheit zum Ausgleich geboten ist. Tatsächlich hat sich in praxi diese Vermutung bestätigt. Obgleich der Spulengröße nur ein einer Reihe von Fällen angenäherter, empirisch bestimmter Wert zugrunde gelegt werden kann (wie es infolge der Inkonstantheit der in Betracht kommenden Faktoren beim Funkeninduktorentrieb nicht anders möglich ist) erweisen sich, wie meine an einigen Hundert Röhren gemachten Versuche einwandsfrei ergaben, derartige Röhren an Konstanz der Strahlungsintensität und Lebensdauer den Röhren mit den üblichen einfachen Verbindungen ungleich überlegen.

Gegenüber dem Fehler der Gasabsorption kommen die anderen Mißstände der Röhre weniger in Betracht. Einzig und allein die intensive Wärmeentwicklung im Kathodenfokus und die dadurch bedingte Zerstörung des Antikathodenspiegels ist es, die dem Konstrukteur noch eine größere Aufgabe bietet. Man hat diesen Übelstand nicht ungeschickt beseitigt dadurch, daß man den Spiegel mit einem mit Wasser gefüllten Gefäß verband, das ihn während des Betriebes genügend kühlte. Allein durch die Verwendung eines derartigen flüssigen Kühlmittels hat man ein großes Übel durch mehrere kleinere ersetzt: derartige Wasserkühlröhren kann man naturgemäß nur in einer einzigen Stellung gebrauchen, sie haben während des Kochens des Wassers einen dauernd schwankenden Brennpunkt und werden dadurch besonders gefährlich, daß einmal die Gefahr des Verbrühens durch auskochendes oder auslaufendes Wasser für den Patienten besteht, zum anderen, daß sie leicht springen. Und bekanntlich ist die Implosion einer Röntgenröhre namentlich bei größerem Volumen ein etwas zweifelhaftes Vergnügen. Alle diese Umstände veranlaßten mich, den Versuch mit einer Röhre zu machen, bei der die Kühlung lediglich durch Luft erfolgt. Die Antikathode gestaltete ich, wie Sie an diesem Modell ersehen (Figur 17), folgendermaßen: der obere massive Kupferklotz, in den der Platinspiegel

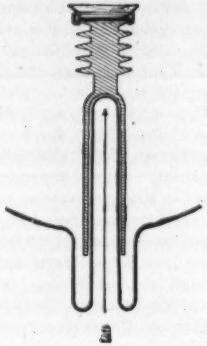


Fig. 17.

eingelassen ist, ist mit rippenförmigen Ansätzen, ähnlich denen an Heizkörpern und Motoren, versehen. Diese Rippen vergrößern die Oberfläche des Klotzes, allerdings weniger der Wärmeabgabe wegen, denn diese kann in einem so hohen Vakuum, wie es die Röntgenröhre aufweist, nur ganz minimal erfolgen, sondern mehr, um während der Herstellung möglichst viel Gase aus dem Metall heraus zu bekommen und ein Weicherwerden der Röhre zu hintertreiben. Das fast bis in den Tubus reichende Ende der Antikathode ist röhrenförmig und sitzt auf einem unmittelbar von der Außenatmosphäre gekühlten Glasrohr. Eine solche Röhre ist allen Beanspruchungen und einer Betriebsdauer, wie sie die Praxis überhaupt nur denkbar sein läßt, gewachsen. Die Kürze der Zeit gestattet mir nicht, Ihnen diese Röhre länger wie einige Minuten einzuschalten (Sie sehen, daß trotz der starken Beanspruchung die Antikathode nicht das geringste Rot zeigt). Ich habe aber diese Röhre hier in der Ausstellung gestern bei starker Beanspruchung fast zwei Stunden lang unausgesetzt in Betrieb gehabt, ohne daß der Spiegel in Glut geriet, und bin auch bereit, Ihnen morgen während der Ausstellungszeit dasselbe Experiment zu wiederholen. Diese Röhre ist jeder Wasserkühlröhre überlegen, da sie alle gerügten Übelstände der letzteren nicht besitzt und sich eben in genau derselben Weise wie jede andere Röhre gebrauchen läßt.

Zum Schluß möchte ich Ihnen noch eine Röhre aus meinen Werkstätten[1]) vorführen, die insofern interessant ist, als sie die größte bisher gefertigte darstellt.[2]) Es ist selbstverständlich, daß mit der Zunahme des Röhrenvolumens die Konstanz der Strahlungsintensität und Lebensdauer naturgemäß wachsen muß, insofern handelt es sich also nicht allein um ein glastechnisches Kunststück, sondern um eine Röhre von praktischer Bedeutung. Ich glaube aber, daß sie auch sonst eine solche besitzt, da die Nachrede, daß eine solche Röhre unscharfe Bilder ergeben soll, sich bei genügender Sorgfalt in der Herstellung, wie Ihnen diese Durchleuchtung am lebenden Objekt zeigt, für praktische Bedürfnisse wenigstens als unhaltbar erweist. Es ist anzunehmen, daß namentlich in der Tierheilkunde, wo die Objekte größer sind, für eine solche Röhre ein Verwendungsfeld sein dürfte, vielleicht auch eröffnet sie der Therapie neue Perspektiven, denn mit ihr gelingt es, einen größeren Raum fast homogen mit Röntgenstrahlen zu durchsetzen. Selbstverständlich ist für den Betrieb einer solchen Röhre eine größere Hochspannungsqueile zwar nicht notwendig (sie zum Leuchten zu bringen, genügt beispielsweise ein 30 cm-Induktor), aber doch vorteilhaft. Ich verwende hier einen Hochspannungstransformator, der eigentlich von Boas für funkentelegraphische Zwecke konstruiert worden ist, sich jedoch zum Betriebe solcher Röhren vorzüglich eignet.

M. H.! Das Vorgeführte mag Ihnen beweisen, daß es möglich ist, auch aus der Röntgenröhre einen exakt funktionierenden Gebrauchsapparat zu machen.

O. Pasche (Bern): Über die Ausschaltung der Sekundärstrahlung durch bewegliche Blendensysteme (mit Demonstrationen am Modell der A. E. G.).

Da der Vortragende über diesen Gegenstand schon vor der Abteilung für Physik auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Kassel, 1903, berichtet hat, so möge hier eine Erwähnung des Vortrages genügen.

Koch (Dresden): Über neue Röntgenapparate.

Der Vortragende berichtet über einen Funkentransformator ohne Unterbrecher mit Graetzscher Eisen-Aluminium-Ventilzelle zur Gleichrichtung des Stromes, ferner über ein Bikathodenrohr für Wechselstrom mit asymmetrischem Widerstand zur Ausschaltung einer Phase des Wechselstromes. Der ausführliche Bericht ist für die „Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen" vorbehalten.

In der Diskussion erklärt Dessauer (Aschaffenburg), daß nach seiner Erfahrung bei Benutzung von Wechselstrom niemals kontrastreiche Negative zu erhalten seien.

Im Schlußworte behauptet Koch, daß seine mit Wechselstrom erhaltenen Aufnahmen den mit Gleichstrom erzielten nicht nachstehen.

J. Rosenthal (München): Über einige Neuerungen am Röntgeninstrumentarium. (Autoreferat.)

Der Vortragende bespricht zunächst einen

1) Heinz Bauer & Co., Berlin W. 35, Lützowstraße 106.
2) Der Kolben weist einen Durchmesser von 38 cm auf.

neuen Hilfsapparat für Röntgenuntersuchungen, den „Peridiagraph", den er auf Veranlassung von Dr. Grashey, München, konstruiert hat. — Während beim Orthodiagraph ein bestimmter Röntgenstrahl, der sog. Normalstrahl, parallel zu sich selbst um den zu untersuchenden Körper geführt und dadurch an Stelle einer Zentralprojektion eines Körpers dessen Parallelprojektion erhalten wird, dreht sich bei dem Peridiagraph der Normalstrahl um eine Achse, die senkrecht auf seiner eigenen Richtung steht. Mit Hilfe dieses Apparats wird das Einrichten von Knochenbrüchen, die Bestimmung von Fremdkörpern und dergleichen wesentlich erleichtert.

Nachdem Redner noch einige andere Neukonstruktionen besprochen, zeigt er zwei von ihm und Prof. Rieder, München, aufgenommene Röntgenogramme von Lungenpartien eines 30jährigen Mannes, die bei einer Expositionszeit von nur 0,14 bezw. 0,11 Sekunden hergestellt sind und infolgedessen die Lungenstruktur sehr deutlich zeigen. Die außerordentlich kurze Expositionszeit wurde angestrebt, um die durch die Herzbewegung verursachte Unschärfe der Lungengefäße möglichst zu vermeiden.

Max. Levy (Berlin): Über einige bemerkenswerte Fortschritte der Röntgentechnik (Autoreferat).

Der Vortrag zerfiel in drei Teile: der erste betraf Schutzapparate gegen die Wirkung der Röntgenstrahlen. Redner benutzt hierzu im wesentlichen ein biegsames, elastisches und waschbares Material wie Gummi, sehr weiches Leder, welches als Außenlage eine Schicht Schwermetallsalz oder dergl. enthält. Dieser Schutzstoff läßt sich für alle möglichen Zwecke verwenden, z. B. für Röhrenblenden, Gesichtsmasken, Haarschutz, Bartschutz, Handschuhe, Schürzen und Schutzwände, hinter denen der Arzt durch ein Fenster beobachtet. Eine Figur, die mit diesem Schutzmaterial bekleidet war, wurde vorgeführt.

Sodann schilderte der Redner ein neues Unterbrecherprinzip: den Friktionsunterbrecher. Eine horizontale, motorisch angetriebene rotierende Kontaktscheibe nimmt durch Reibung eine vertikal rotierende weiche Kontaktscheibe mit; diese taucht mit ihrem unteren Teile in Quecksilber und ist am Rande geriffelt. Infolge dieser Riffelung haften an dem Umfang der zweiten Scheibe Quecksilberteilchen, welche dadurch an die Kontaktscheibe befördert werden. Eine der beiden Scheiben enthält abwechselnd leitende und nichtleitende Stellen, so daß Kontaktbildung und Unterbrechung abwechseln. Der Unterbrecher enthält somit keinerlei Pumpe, keine Düse, keinen Quecksilberstrahl, vermeidet also Verstopfung und schnelle Verschlammung, bedarf demnach der Reinigung nur selten.

In dem dritten wesentlichsten Teil seiner Ausführungen behandelte Redner ein neues unterbrecher- und kondensatorloses Betriebsverfahren für Röntgenröhren mit hochgespanntem Wechselstrom. Er vermeidet hierbei rotierende Teile und elektrolytische Zellen vollständig und leitet den durch einen Transformator hochgespannten Wechselstrom unter Zwischenschaltung eines sogenannten Stromspalters direkt in Röntgenröhren normaler Konstruktion. Der Stromspalter besteht aus zwei einfachen Funkenstrecken, durch welche die eine Stromrichtung zur Erde abgeführt wird. Der Stromverbrauch ist sehr gering, so daß Redner nicht nur bei Wechsel und Drehstromanschluß und selbsttätigen Betriebsstationen, sondern auch beim Gleichstromanschluß das neue Betriebsverfahren empfiehlt.

Redner schließt mit der Bemerkung, daß seiner Meinung nach die nächsten Jahre das siegreiche Vorschreiten des unterbrecherlosen Betriebs mit hochgespanntem Wechselstrom bringen werden.

Diskussion: Boas (Berlin) bestreitet die Richtigkeit der von dem Vortragenden aufgestellten Behauptung, daß bei seiner Erdung die Erde als Kapazität wirke und die ihr zugeführten 50 Proz. der Energie wieder zurückgebe. Der Vortragende behält sich vor, die Beantwortung dieser Frage an anderer Stelle zu geben.

Dessauer (Aschaffenburg) betont die Priorität von Walter (Hamburg) betreffs der Benutzung des Wechselstroms. Nur die Erdung unterscheide das System des Vortragenden von dem Walterschen. Dessauer wiederholt seine schon ausgesprochene Überzeugung von der Unmöglichkeit, wohldifferenzierte Bilder mit Wechselstrom zu erhalten, und erwähnt endlich einen von ihm angegebenen Funkenstreckengleichrichter. Gegen den letzteren und zugunsten der Levyschen Anordnung spricht sich Jirotka (Berlin) aus. Levy faßt in seinem Schlußwort nochmals die Vorzüge seines Systems zusammen.

Grisson (Dresden): Grisson-Resonator für Röntgenbetrieb ohne Unterbrecher. (Mit Genehmigung des Autors gekürzter Originalbericht.)

Der Grisson-Resonator ist ein auf Resonanz abgestimmter elektrischer Schwingungskreis, in welchem eine Selbstinduktion bezw. eine Verbrauchsstelle zu einer Kapazität in Reihe geschaltet ist bez. geschaltet wird, und in welchem die Funkenstrecke bezw. deren gleichwertiger Ersatz nach eingeleiteter Schwingung mechanisch kurz geschlossen wird.

Der polarisierte Grisson-Kondensator kann nach der Schaltung (Fig. 18) Verwendung finden,

um Gleichstrom in pulsierenden Gleichstrom, in Wechselstrom usw. umzuwandeln.

$+ -$ ist eine Gleichstromquelle,

C ein Kommutator,

G ein Grisson-Kondensator.

Der Kommutator besteht aus einem Kollektor, dessen Lamellen wechselweise mit zwei Schleifringen verbunden sind. Auf den Lamellen schleifen zwei einander gegenüberliegende Bürsten und auf den Schleifringen je eine Bürste.

Wird der Stromkreis geschlossen, so erhält der Grisson-Kondensator einen Ladestrom; die eine Elektrode wird positiv, die andere Elektrode wird negativ geladen. Die Ladung des Kondensators erfolgt stoßweise in außerordentlich kurzer Zeit, und da nach erfolgter Ladung zwischen den auf dem Kollektor schleifenden Bürsten und der Gleichstromquelle keine Potentialdifferenz besteht, so ist auch ein Stromfluß von der Gleichstromquelle aus nach dem Grisson-Kondensator nicht mehr vorhanden. Bei Drehung des Kollektors kann somit der Stromweg geöffnet werden, ohne daß ein Öffnungsfunke zwischen den Bürsten und dem Kollektor entsteht. Bei weiterer Drehung des Kollektors erfolgt alsdann wieder ein Stromschluß, durch welchen der Grisson-Kondensator auf das entgegengesetzte Potential geladen wird. Diejenige Elektrode, welche zuerst positiv war, wird negativ und die negative positiv. Bei weiterer Drehung des Kollektors wird der Stromkreis wieder funkenfrei geöffnet und es kann dieses Wechselspiel in beliebiger Anzahl und mit beliebiger Geschwindigkeit wiederholt werden. Wird nach Fig. 18 in den Stromkreis die Primärwicklung eines zur Kapazität des Grisson-Kondensators auf Resonanz abgestimmten Resonanzinduktors V eingeschaltet, so fließen durch die Primäre bei jedesmaligem Stromschluß gleichgerichtete Schließungsströme, welche auf beliebig hohe Spannung transformiert werden können.

Durch die Abstimmung des ganzen Systems auf Resonanz ist erreicht, daß jeder Stromschluß nicht nur eine Funkenentladung liefert, sondern daß die durch Resonanzschwingung erzeugten Obertöne sämtlich ungedämpft transformiert und zur Entladung gebracht werden.

Der Grisson-Resonator erzeugt also in dieser Schaltung ausschließlich gleichgerichtete Schließungsfunken.

Diese Schließungsströme eignen sich besonders zum Betriebe von Röntgenröhren. Der Grisson-Resonator in dieser Anordnung bietet gegenüber den bisher mit Stromunterbrechern arbeitenden Instrumentarien wesentliche Vorteile.

Die bisher in der Röntgentechnik außerordentlich gefürchteten und als gefährlich verrufenen Schließungsströme haben sich für die Erzeugung von Röntgenstrahlen als wesentlich geeigneter erwiesen als die sogenannten Öffnungsfunken. Der Beweis hierfür ist der bedeutend geringere Stromverbrauch zur Erzeugung gleicher Lichtstärke und die Möglichkeit der Herabsetzung der Belichtungsdauer bei photographischen Aufnahmen.

Es fallen ferner durch Verwendung des rein maschinell ausgebildeten Kommutators alle Unzuträglichkeiten fort, welche allen Unterbrecherkonstruktionen anhaften.

Der Grisson-Resonator arbeitet ohne Explosionen, ohne knatterndes oder brummendes Geräusch, ohne Erwärmung, fast ohne Verschleiß, ohne Geruch und dergleichen, sowie ohne Quecksilber, Alkohol, Petroleum, Schwefelsäure, Platin usw., was bei sämtlichen Unterbrechern als höchst unangenehme Beigabe empfunden wird.

Mit dem Grisson-Resonator kann daher ein ununterbrochener Dauerbetrieb aufrecht erhalten werden.

Der Grisson-Resonator hat außerdem noch folgende Vorzüge:

Die Funkenzahl kann unabhängig von der Funkenstärke von eins bis zu vielen Hundert pro Sekunde geändert werden durch beliebige Wahl der Umlaufzahl des Kommutators. Die Funkenstärke kann reguliert werden durch Anwendung einer beliebigen Anzahl Grisson-Kondensatoren oder durch einen in den Stromkreis eingeschalteten Regulierwiderstand.

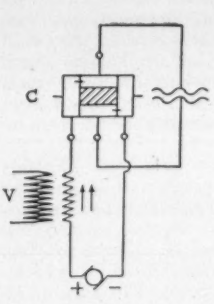


Fig. 18.

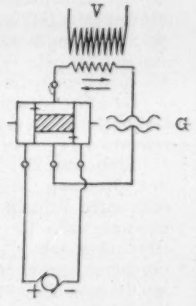


Fig. 19.

Auf diese Weise ist die Möglichkeit geschaffen, jeder Röntgenröhre, der weichen wie der harten, eine gleichgroße Funkenzahl zuzuführen, während die Stromstärke durch einen Schalter allmählich gesteigert wird, bis die Röhre die gewünschte Lichtstärke liefert. Bei der Inbetriebsetzung des Grisson-Resonators ist es gänzlich gleichgültig, ob die Röntgenröhre weich oder hart ist. Eine weiche Röhre liefert die volle Lichtstärke bei geringerer Stromstärke,

die harte Röhre bei entsprechend größerer Stromstärke. Die Bedienung des Röntgeninstrumentariums ist somit die denkbar einfachste geworden, da nicht wie bei Unterbrecherapparaten jede Röntgenröhre als Individuum behandelt werden muß, ihre besondere Funkenzahl, Funkenstärke, Selbstinduktion, Nebenschlußwiderstände usw. erfordert. Der Grisson-Resonator hat somit sämtliche Mängel und Komplikationen ausnahmslos beseitigt, welche allen mit Stromunterbrechern arbeitenden Instrumentarien anhaften.

Bezüglich weiterer Verwendungsgebiete der Grisson-Resonatoren verweisen wir auf Fig. 19, bei welcher der Resonanzinduktor zwischen Kommutator und Grisson-Kondensator geschaltet ist. Bei dieser Schaltung durchfließen die Schließungsströme die primäre Spule des Resonanzinduktors wechselweise in entgegengesetzter Richtung, welche in der Sekundärspule des Induktors hochgespannte Wechselströme erzeugen. Diese Wechselströme finden Verwendung zum Betriebe von Hochfrequenzapparaten für drahtlose Telegraphie usw.

Haret (Paris): Présentation d'un nouveau „porte-radiomètre". (Autoreferat.)[1])

Dr. Haret legt einen Apparat vor, welchen er hat konstruieren lassen, um die Sabouraud-Noirésche Pastille aufzunehmen, so daß dieselbe stets in halber Entfernung zwischen der Antikathode und der behandelten Oberfläche gehalten wird.

Dieser kleine Apparat läßt sich augenblicklich an alle Röhren anpassen. Er reguliert sich in wenigen Sekunden und gestattet, während der röntgenotherapeutischen Sitzung in jedem Augenblick die Wirkung auf die Pastille durch Vergleich mit der Farbenskala zu überwachen.

Drüner (Frankfurt a. M.): Über die Lagebestimmung von Fremdkörpern. (Autoreferat.)

Stabsarzt Dr. Drüner legte eine Methode der Messung stereoskopischer Röntgenbilder nach dem Prinzip des Zeißschen Entfernungsmessers vor. Er verfährt so, daß er zuerst die stereoskopische Aufnahme des Körperteils mit 60 (bezw. mehr, bis 75) cm Abstand der Lichtquelle von der Platte macht. Die Lichtquelle wird dabei um 65 mm (spezifische Plastik 1) oder das Vielfache davon (spezifische Plastik 2 bis 4) von rechts nach links verschoben. Zur exakten Ausführung werden besondere Gestelle, Cassetten und Lampenhalter vorgeführt, die bei völlig ruhiger unveränderter Lage des Körpers den Wechsel der Platten für die beiden einander folgenden Stereoskopaufnahmen und die Verschiebung der Lichtquelle gestatten.

Alsdann wird an die Stelle des photographierten Körperteils ein stereometrischer Maßstab gesetzt, welcher vier horizontale, in der Entfernung von 0,5, 10, 15 cm von der Kassette gelegene Zentimeterstäbe und einen im Winkel von 45° schräg ansteigenden Metallstab enthält. Alle fünf sind mit Metallzinken besetzt. Dieser stereometrische Maßstab wird genau ebenso mit Röntgenstrahlen stereoskopisch photographiert wie vorher der Körperteil. Von den entstandenen Maßstab-Negativen werden Diapositive angefertigt, und diese werden unter genauer Anpassung von gemeinsamen Metallmarken nun auf die Stereoskopbilder des Körperteils gedeckt. Bei der Betrachtung im Spiegelstereoskop (welches nach dem Prinzip des Helmholzschen Telestereoskops konstruiert ist) erscheint der Maßstab körperlich im stereoskopischen Bilde des Körperteils.

Stellt man einen Zirkel mit seinen beiden Spitzen auf homologe Punkte der beiden Bilder ein, so wird die Zirkelspitze stereoskopisch einfach in der Tiefe des eingestellten Punktes gesehen. Da alle Punkte derselben Entfernungsebene bei parallelen optischen Achsen der Stereoskopbilder die gleiche Parallaxe haben, so kann man mit dem Zirkel die Parallaxe auf den schräg ansteigenden Maßstab übertragen und an ihm die Tiefenlage des eingestellten Punktes messen. Man kann dann den stereometrischen Maßstab so verändern, daß von dem gesuchten Punkte aus die Maße nach jeder beliebigen anderen Stelle auch schräg gelegt werden. Eine nochmalige stereoskopische Aufnahme des Maßstabes ermöglicht dann, die Entfernungen in der gewünschten Richtung direkt abzulesen. Auch Winkel können so gemessen werden. Das große Spiegelstereoskop trägt den Anforderungen der richtigen Perspektive dadurch Rechnung, daß der Abstand der Platten von dem betrachtenden Auge mit der Entfernung der Lichtquelle bei der Aufnahme in Übereinstimmung gebracht werden kann. Es gestattet die unmittelbare Betrachtung aller Bildgrößen bis zum Thoraxformat 40×50 bei parallelen und konvergenten optischen Achsen.

Wertheim-Salomonson (Amsterdam): Leistungsmessung an Induktorien.

Verfasser stellt sich die Frage, in welchem Verhältnis beim Röntgenbetrieb der Energieverbrauch zu der erzeugten Energie der Röntgenstrahlen steht. Zu diesem Zwecke wird gemessen: 1. die im primären System verbrauchte Energie, 2. die im sekundären Kreise erzeugte Energie und 3. die Energie der erzeugten Röntgenstrahlen. Die im Primärkreis verbrauchte Energie wird bestimmt durch Messung von Stromstärke und Spannung im Unterbrecher und in der Primärspule. Die

1) Travaux du laboratoire de radiologie médicale du Dr. Bédère. (Aus dem Französischen übersetzt von Max Iklé.)

Messung der im Sekundärkreis erzeugten Energie erfolgt nach einer kolorimetrischen Methode. Die Energie der erzeugten Röntgenstrahlen wurde auf photographischem Wege durch Vergleich mit der durch andere Lichtquellen erzeugten Schwärzung in Meter-Sekunden-Kerzen bestimmt. Verfasser gibt folgende Zahlen für mittlere Leistungen des Induktors an.

Bei mechanischem Unterbrecher:
Verlust 48—50 Proz.,
bei Wehnelt-Unterbrecher: „ 68—73 „
Es liefern 100 Watt
bei mechanischem Unterbrecher: Äquivalent 0,0426 Hefnerkerzen Röntgenlicht,
bei Wehnelt-Unterbrecher: Äquivalent 0,024 Hefnerkerzen Röntgenlicht.

Diskussion: Dessauer (Aschaffenburg) begrüßt freudig, daß der Versuch zu exakter Messung unternommen sei.

Boas (Berlin) hat an den Messungen des Vortragenden auszusetzen, daß dem Phasenwinkel nicht Rechnung getragen sei. Außerdem sei der Nutzeffekt von 50 bis 52 Proz. für einen guten Induktor zu klein. Es gebe ein 80 cm-Induktor 75 bis 80 Proz. Nutzeffekt. — Im Schlußwort macht der Vortragende darauf aufmerksam, daß er bei den Messungen Gleichstrom verwandt habe, daß er den Induktor nicht mit maximaler Leistungsfähigkeit betrieben habe, und daß er schließlich die verbrauchte Energie nicht mit einem Wattmeter habe bestimmen können.

Walter (Hamburg): Über die Messung der Intensität der Röntgenstrahlen.

Verfasser gibt in längerem Vortrage einen Überblick über die verschiedenen gebräuchlichen Meßmethoden zur Bestimmung der Intensität der Röntgenstrahlen. Früher wurden hauptsächlich direkte Meßmethoden benutzt, von denen die älteste von Holzknecht (Wien) angegeben wurde. Holzknecht benutzte zur Intensitätsmessung der Röntgenstrahlen die färbende Wirkung derselben auf Salze (*NaCl*, *KCl*) und verglich die Nuance mit einer künstlich hergestellten Skala. Der Hauptfehler dieser Methode liegt nach Ansicht des Redners darin, daß die verschiedenen Nuancen sich zu wenig voneinander unterscheiden. So sei es ihm nicht möglich gewesen, einen Unterschied in der Nuancierung der Holzknechtschen Farbenstufen von 6 bis 8 zu konstatieren. Redner bespricht ferner die Methode von Freund, welcher Papier benutzt, das mit einer 2 proz. Lösung von Jodoform in Chloroform getränkt ist. Dieses Papier hat eine gelbe Farbe und nimmt bei der Bestrahlung mit Röntgenstrahlen durch Ausscheidung von Jod einen roten Ton an.

Der Vortragende hält diese Methode deshalb für ungenau, weil bei längerem Stehen der Lösung bereits Jod ausgeschieden wird, während es andererseits zu umständlich ist, jedesmal eine frische Lösung zu bereiten. Ähnliche Mängel haften den anderen direkten Meßmethoden an, welche als Modifikationen des Holzknechtschen Verfahrens angesehen werden können. Erwähnt sei noch die Methode, welche die Widerstandsverminderung des Selens durch Röntgenbestrahlung benutzt, und welche deshalb nicht brauchbar ist, weil für die Proportionalität dieser Wirkung mit der Intensität der Bestrahlung der Beweis nicht erbracht ist.

Redner geht dann zu den indirekten Methoden über. Die erste derselben wurde von Köhler (Wiesbaden) angegeben, der die Wärmewirkung der Röntgentrahlen mit einem gegenüber der Antikathode angebrachten Thermometer mißt. Diese Methode ist zu unsicher, weil die Oberfläche des Thermometergefäßes zu klein ist gegenüber den Konstruktions- und Leistungsunterschieden der Röhren. Eine unwesentliche Verbesserung war die Einführung des Thermometers mit einem Wasserbade. Der Fehler beträgt auch hier noch 20 bis 25 Proz.

Als beste Methode hat sich bisher die Milliampèremeter-Methode bewährt, d. h. die Methode der direkten Messung der Stromstärke. Redner gibt an, daß er z. B. bei Arbeiten mit Wechselstrom bei doppelter Stromstärke auch nur halbe Expositionszeit brauchte. Dasselbe fand er bei Arbeiten mit Gleichstrom, den verschiedensten Unterbrechern und verschiedensten Röhren von verschiedenen Härtegraden. Unzuverlässig ist die Methode nur in einem Falle, wo z. B. das Ampèremeter bei einem Vakuum, bei dem eben das blaue Kathodenlicht auftritt, verkehrte Stromrichtung zeigt. Zum Vergleich führt der Vortragende dann noch folgende Werte an:

Stromstärke in Milliampère	Expositionszeit in Minuten	Härte in Walter-Einheiten	Holzknecht-Einheiten
1	4	7	—
1	8	7	3 1/2
1	12	7	4 1/2
1	16	unsicher	5 bis 8
1	20	„	10

Diskussion: Kienböck (Wien) hebt die Vorzüge der Holzknechtschen Methode gegenüber der Milliampèremeter-Methode hervor, da die direkte Messung der Strahlen für die Therapie wichtig sei. Er habe bereits die Notwendigkeit der Berücksichtigung von Lichtqualität und Lichtquantität betont. Berger (Erlangen) empfiehlt die Methode Bergers und Horns (siehe auch den folgenden Vortrag Kienböcks), die zur Messung der Intensität der Röntgenstrahlen unterempfindliches Papier in schwarzem Umschlag auf die bestrahlte Stelle legen. Zur Entwicklung genüge ein schwacher Entwickler, dem das Papier kurze Zeit in einem dunklen Zimmer ausgesetzt werde. Die Normal-

skala habe 15 Grade. Die Intensität der Röntgenstrahlen steige quadratisch mit den Skalengraden. Bei dieser Methode werde auch die Qualität der Röntgenstrahlen durch Abblenden mit Bleifolie oder Holzknechtschem Reagens bestimmt. de Kowalski (Freiburg, Schweiz) betont die Wichtigkeit der Frage, was unter Intensität und Quantität der Röntgenstrahlen zu verstehen sei. Die Härte der Röhre hänge ab von der Intensität der Strahlen. Er beantrage, die Frage zur Entscheidung zu bringen. Klingelfuß (Basel) schlägt vor, die Intensität anstatt mit einem Milliampèremeter mit einem Voltmeter zu messen. Cowl (Berlin) erklärt, daß die Messung der Energie der Röntgenstrahlen unmöglich sei, da dieselben je nach der Härte der Röhre zum größten Teil durch das Bromsilber hindurchgehen und Versuche mit verschieden dicken Schichten keine Proportionalität ergeben haben. Köhler (Wiesbaden) erklärt, daß eine absolute Messung der Röntgenstrahlen daran scheitere, daß man nicht die Wirkung der Röntgenstrahlen auf organische Gewebe mit der Wirkung auf photographische Platten und Baryumplatincyanürschirm vergleichen könne. Dessauer (Aschaffenburg) schließt sich dem Vorschlage de Kowalskis an. Berger meint, daß die Messung des Stromes in der Röhre immerhin ein relatives Maß für die photographische Aufnahme liefere. Das Milliampèremeter könne als Apparat für die Kontrolle der Konstanz der Röhre dienen und zeige auch den etwaigen Durchgang von Schließungsstrom durch die Röhre an, nämlich durch einen Ausschlag nach verkehrter Richtung. Levy-Dorn (Berlin) hält eine Kommission nicht für geeignet, die Frage zu entscheiden. „Es wäre ein einfaches Mittel, Probleme durch Wahl einer Kommission zu lösen." Holzknecht (Wien) weist Walter darauf hin, daß weder die Qualität einer Röhre, noch die Intensität der Röntgenstrahlen konstant sei. Ferner erwähnt er gegenüber Cowl, daß er durch Benutzung dickerer Schichten seiner Reagenzien alle Röntgenstrahlen absorbiere. Dessauer weist den Einwand Levy-Dorns zurück und stellt folgenden Antrag: „Professor de Kowalski und Ingenieur Dessauer beantragen: es möge sogleich eine Kommission von Physikern, Technikern und Ärzten gewählt werden zur Entscheidung der Frage nach Intensität und Quantität der Röntgenstrahlen." Walter erklärt im Schlußwort, daß seine Methode selbst bei Inkonstanz der Strahlung Durchschnittswerte gebe. (Analogon: Wechselströme.) Es folgt nochmalige Verlesung des Antrages de Kowalski-Dessauer, welcher nach kurzer Debatte angenommen wird. Das weitere soll durch den Ausschuß des Kongresses veranlaßt werden.

Kienböck (Wien) berichtet „Über ein neues direktes Verfahren zur Messung der Dosen in der Radiotherapie". (Autoreferat.)

Das Prinzip des Verfahrens beruht auf dem vom Vortragenden im Jahre 1900 ausgesprochenen Satz, daß die Wirkung der Röntgenbestrahlung von der Menge des in einer Sitzung absorbierten Röntgenlichtes abhängt und durch Vergleichung mit der Schwärzung der photographischen Platte bestimmt werden könne. Die Qualität der Strahlen ist dabei von großer Bedeutung. Die praktische Verwertung dieses Grundsatzes wurde nun durch die Arbeiten Bergers und Horns in der Firma Reiniger, Gebbert & Schall möglich, welche ein Instrumentarium herstellten, bestehend aus:

1. einem besonderen unterempfindlichen photographischen Chlorbromsilberpapier,
2. einem Normalentwickler (Temperatur!) und
3. einer Standardskala.

Das Instrumentarium wurde Kienböck zur Prüfung übergeben, der es für radiotherapeutische Zwecke modifizierte.

Es wird ein kuvertierter sensibler Papierstreifen auf die zu behandelnde Körperstelle aufgelegt und während der ganzen Sitzungsdauer mitbestrahlt. Die Entwicklung kann bei Lampenlicht geschehen und hat genau eine Minute zu dauern (Minutenuhr!). Der fixierte und gewässerte Streifen (Behandlungsdauer drei Minuten) wird noch feucht mit der Standardskala verglichen und die Schwärzung bestimmt. Die Schwärzungen steigen nach dem Prechtschen Gesetz im Vergleich mit den zugeführten Energiemengen nur langsam. In einer Gebrauchsanweisung werden die für die Radiotherapie empfehlenswerten Dosen nach Schwärzungsgraden bekannt gegeben, ebenso wie die dazu notwendigen Expositionszeiten unter gewissen Bedingungen. Energische Sitzungen müssen rechtzeitig unterbrochen und kontrolliert werden. Dadurch, daß man bei der Bestrahlung auf die eine Hälfte des Streifens eine 0,1 mm dicke Bleifolie oder eine chromoradiometrische Pastille legt, erhält man zwei Schwärzungsgrade nebeneinander, deren Verhältnis über die Penetrationskraft des Lichtes Aufschluß gibt. Das Verfahren zeichnet sich durch Genauigkeit und Billigkeit vor den anderen radiometrischen Methoden aus.

Crzellitzer (Berlin): Die Sichtbarkeit der Röntgenstrahlen. (Nach einem Autoreferat.)

Der Vortragende berichtet über Versuche, welche er im Universitätsinstitute für Untersuchungen mit Röntgenstrahlen unter Leitung und Kontrolle von Direktor Professor Dr. E. Grunmach angestellt hat. Diese Untersuchungen, welche nicht ohne persönliche Gefährdung Crzellitzers ausgeführt worden sind,

haben nicht nur für den Mediziner Interesse. Sie beziehen sich auf die schon von Röntgen selbst alsbald nach der Entdeckung der X-Strahlen angeschnittene Frage, ob das menschliche Auge für diese Strahlen empfindlich sei. Röntgen hat die von ihm entdeckten Strahlen zunächst für unsichtbar erklärt. Es haben aber später mehrere Forscher übereinstimmend festgestellt, daß durch die Röntgenstrahlen die Netzhaut gereizt wird. Es beruht dies auf unmittelbarer Reizung, nicht etwa auf mittelbarer (vielleicht hervorgerufen durch Fluoreszenz der brechenden Medien wie bei Radium), das haben schon früher Brandes, Dorn, Himstedt, Nagel und der Vortragende festgestellt. Redner ging nun einen Schritt weiter, und zwar an Hand des folgenden Ideenganges. Es besteht die Möglichkeit, Blinden, deren Netzhaut gesund ist, deren Blindheit aber durch Trübung der Hornhaut oder der Linse hervorgerufen ist, eventuell mit Röntgenstrahlen, die ja alle Trübungen durchdringen, durch in Blei gestanzte Buchstabenschablonen ein gewisses Sehen zu verschaffen. Bedingung wäre nur, mit der Größe dieser Schablonen hinunterzugehen bis zur Größe des gelben Fleckes. Solche Versuche stellt der Vortragende an, indem er mit Platinblenden verschiedener Formen sehr kleine Röntgenstrahlbündel ausschnitt, z. B. kreisrunde von 0,5 mm Durchmesser, dreikantige mit 0,5 mm Seitenlänge usw. Alle diese blieben unwirksam, obgleich photographische Kontrolle durch Professor Grunmach das Vorhandensein der Strahlen feststellte. Mit einer dem Aubertschen Diaphragma nachgebildeten verschiebbaren quadratischen Blende konnte Vortragender messen, ein wie großes Bündel eben noch wahrgenommen wird. Durchschnittlich ergab sich eine Dicke des quadratischen Bündels von 2,5 mm. Dünnere Strahlenbündel sind wirkungslos. Nun beträgt die Größe des gelben Fleckes im Auge ca. 2,25 mm; die Angaben der Anatomen schwanken zwischen 1 und 3 mm. Dieses Zusammentreffen ist sicherlich nicht zufällig; denn der gelbe Fleck ist auch sonst von den übrigen Partien der Netzhaut verschieden: er besitzt nur Zapfen, keine Stäbchen. — Auch diese kleinsten sichtbaren Blendenbilder wurden durch Professor Grunmach mittels der photographischen Platte unzweifelhaft nachgewiesen. — Ist aber das Netzhautzentrum wirklich blind für Röntgenstrahlen, so ergibt sich die absolute Unmöglichkeit, durch Röntgenstrahlen irgend etwas bei Blinden zu erzielen.

In einem Projektionsvortrag führte Levy-Dorn (Berlin) kinematographische Röntgenaufnahmen vor.

Der Vortragende zeigte eine sich auf- und niederbewegende Hand, ferner die Bewegung von Elle und Speiche bei der Drehung der Hand, und drittens die Bewegung der Kniescheibe bei Streckung und Beugung des Knies.

Das zu diesen Aufnahmen benutzte Verfahren unterscheidet sich infolge der veränderten Bedingungen naturgemäß wesentlich von dem in der Photographie verwendeten. Die erforderlichen großen Expositionszeiten machen die Aufnahme von 1000 Bildern in der Minute unmöglich. Die Exposition erfolgt daher in Ruhe. Nach Beendigung der ersten Aufnahme wird eine minimale Bewegung des zu untersuchenden Gliedes ausgeführt und eine zweite Exposition vorgenommen usf. Selbstverständlich ist eine sehr exakte Einstellung der Platte unbedingt notwendig. Die Zusammenstellung der einzelnen Platten zu einer kinematographischen Aufnahme erfordert die Mitwirkung eines Fachmannes und wurde von der bekannten Firma Messter (Berlin) ausgeführt.

Albers-Schönberg (Hamburg): Projektionsvortrag. Demonstration ägyptischer Mumien.

Die Röntgendurchleuchtung von Mumien ist in mehrfacher Hinsicht von Interesse. Einmal gibt dieselbe über die Echtheit einer Mumie Aufschluß, weiter fördert sie eine Fülle interessanten anthropologischen und ethnologischen Materials zutage. Die Mumie, deren Röntgenogramme Redner vorführte, war etwa 2800 Jahre alt und vor einiger Zeit dem Hamburger Museum für Völkerkunde durch den Kaiserl. Legationsrat Rücker-Jenisch überwiesen worden. Es handelt sich um die sehr gut erhaltene Mumie des Oberpriesters Machon, worüber der auf der Brust befestigte Metallschild Aufschluß gibt. Nachdem die aus asphaltgetränkten Binden bestehende, mit weißem Farbstoff überzogene und mit bunten Wasserfarben bemalte äußere Mumienhülle auf dem Rücken sorgsam geöffnet worden war, wurde die Mumie mit ihrer inneren Umhüllung von Bissusbinden röntgenographisch untersucht. Die vorgeführten Bilder zeigten eine vorzügliche Konservierung der Weichteile, die besonders bei den Augen zutage trat. Auffällig erscheinen zwei anscheinend metallene Bügel in der Nase. Der Lungenraum und das Becken sind mit einer für Röntgenstrahlen undurchlässigen Masse, vielleicht Asphalt, ausgefüllt. Ein kreisförmiger Schatten mit zwei Flügeln in der Herzgegend scheint von einem Skarabäus aus Emaille herzurühren. Die Zähne sind stark abgeschliffen. Zahnfüllungen weist diese Mumie nicht auf.

Von den Arbeiten des Kongresses ist ferner zu erwähnen die Einsetzung einer Kommission zur Festsetzung der in Kongreß- und Schriftsprache anzuwendenden Bezeichnungen. Die

von der Kommission vorgeschlagene und in pleno nahezu einstimmig angenommene Resolution lautet:

In Erledigung des am 1. d. M. gefaßten Beschlusses ist die unterzeichnete Kommission heute zur Beratung zusammengetreten und schlägt vor, in Kongreß- und Schriftsprache in Zukunft folgende Bezeichnungen anzuwenden:

Röntgenologie = Röntgenlehre, Röntgenwissenschaft.
Röntgenoskopie = Röntgendurchleuchtung.
Röntgenographie = Röntgenaufnahme.
Röntgenogramm = Röntgenbild.
[Speziell: Röntgen-Negativ,
Röntgen-Positiv,
Röntgen-Diapositiv etc.]
Orthoröntgenographie statt Orthodiagraphie.
Röntgenotherapie = Röntgenbehandlung,
röntgenisieren = mit Röntgenstrahlen behandeln.

Berlin, den 2. Mai 1905.

gez.: Walter (Hamburg).
Köhler (Wiesbaden).
H. Rieder (München).
R. Grashey (München).
Dr. Albers-Schönberg (Hamburg).
Eberlein (Berlin).
Dr. W. Cowl (Berlin).
Dr. H. Gocht (Halle a. S.).
Dr. Immelmann (Berlin).

Weiter ist die Konstituierung einer Deutschen Röntgen-Gesellschaft zu berichten.

Mit dem Kongreß war eine Ausstellung verbunden. Aus Gründen der Unparteilichkeit soll über dieselbe nicht eingehender berichtet werden, obschon sie auch für den Physiker eine Fülle von Anregung bot. Es sei nur aus dem offiziellen Programm folgende Liste der in der physikalisch-technischen Abteilung vertretenen Aussteller hier wiedergegeben:

Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft (A.E.G.), Berlin.
Heinz Bauer & Co., Berlin.
Max Becker & Co., Hamburg.
Rich. Bosse & Co., Berlin.
R. Burger & Co., Berlin.
Myl. Erhardt, Berlin.
Elektrotechnisches Laboratorium F. Dessauer (G. m. b. H.), Aschaffenburg.
Grissonwerk (G. m. b. H.), Heidenau bei Dresden.
W. A. Hirschmann, Berlin.
Aug. Horn, Wiesbaden.
Rich. Jahr, Dresden-A.
Keiser & Schmidt, Berlin.
Koch & Sterzel, Dresden.
Max Kohl, Chemnitz.
Ernst Leitz, Wetzlar.
Fabrik elektrischer Apparate Dr. Max Levy, Berlin.
L. & H. Löwenstein, Berlin.
Mitteld. Elektr.-Werke (G. m. b. H.), Berlin.
C. H. F. Müller, Hamburg.
Neue Photogr. Ges. (Akt.-Ges.), Steglitz.
Arthur Pfeiffer, Wetzlar.
Elektr. Ges. Polyphos (G. m. b. H.), München.
Reiniger, Gebbert & Schall, Erlangen.
Trockenpl.-Fabrik Dr. Schleußner, Frankfurt a. M.
Franz Schmidt & Haensch, Berlin.
Elektr.-Ges. Sanitas (G. m. b. H.), Berlin.
Rich. Seifert & Co., Hamburg.
Siemens & Halske (Akt.-Ges.), Berlin.
Heinr. Traun & Söhne, Hamburg.
Westendorp & Wehner, Köln a. Rh.

Mag auch der Kongreß große äußerliche Fortschritte für die physikalische Wissenschaft vielleicht nicht gebracht haben, so hat er doch wiederum gezeigt, in wie verschiedene Gebiete die Röntgenforschung Licht zu bringen vermag, und daß der Forscher heute weniger als je sich untätig verschanzen darf hinter dem Worte Hallers:

„Ins Inn're der Natur dringt kein erschaff'ner Geist;
Zu glücklich, wann sie noch die äuß're Schale weist!"

Berlin, im Mai 1905.

Georg Gehlhoff.
Max Iklé.

(Eingegangen 10. Mai 1905.)

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Es habilitierten sich: Dr. August Becker für Physik in Kiel, Dr. A. Quervain in Straßburg für Meteorologie, Dr. G. Berndt in Halle für Chemie, Dr. Erich Ebler in Heidelberg für Chemie.

An der Münchener Technischen Hochschule wurde der Privatdozent für Geodäsie und Ingenieurwissenschaften, Dr. Ignaz Bischoff, zum Honorarprofessor ernannt.

Professor Dr. Clarence Feldmann, Dozent für Elektrotechnik an der Technischen Hochschule in Darmstadt, ist an die Technische Hochschule in Delft als ordentlicher Professor berufen worden.

Professor Dr. A. Tobler wurde zum ordentlichen Professor für angewandte Elektrizitätslehre am eidgenössischen Polytechnikum in Zürich ernannt.

Der ordentliche Professor für Physik an der Technischen Hochschule in Dresden, Dr. Hallwachs, erhielt den Titel eines Geheimen Hofrats.

Die Akademie der Wissenschaften in Berlin hat den Professor an der Universität Leiden, Hendrik Antoon Lorentz, zum korrespondierenden Mitglied ihrer physikalisch-mathematischen Klasse gewählt.

Der Professor der angewandten Chemie an der Universität München, Obermedizinalrat Hilger, ist am 18. Mai 1905 in Possenhofen gestorben.

Für die Redaktion verantwortlich Privatdozent Dr. Emil Bose in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.